

Índex

Resum	5
Resumen	5
Abstract	5
Agraïments	6
1. INTRODUCCIÓ.....	7
1.1. Objecte del projecte.....	7
1.2. Abast del projecte	7
1.3. Objectius del projecte.....	7
2. REQUERIMENTS TÈCNICS PEÇA-MOTLLE	9
2.1. Línia de partició.....	9
2.2. Despulla de les peces obtingudes per injecció	9
2.3. Negatius	10
2.4. Espessor	11
2.5. Problemes de qualitat.....	12
2.5.1. Contracció.....	12
2.5.2. Marques de xuclet.....	12
2.5.3. Línies d'unió	13
2.5.4. Rebaves.....	14
2.5.5. Ràfegues	14
2.5.6. Laminació	14
2.5.7. Efecte jetting.....	14
2.5.8. Enguixaments	14
2.5.9. Porus i bombolles	14
2.5.10. Taques negres	15
2.5.11. Massalota enganxada	15
2.5.12. Efecte dièsel.....	15
2.6. Normatives aplicables	15
3. DESCRIPCIÓ DE LA PEÇA.....	17
3.1. Definició i funció	17

3.2. Disseny.....	17
3.3. Posicionament de la peça	19
3.4. Material.....	21
3.4.1. Característiques.....	22
3.5. Anàlisis de la peça	23
3.5.1. Línia de partició	23
3.5.2. Despulla	24
3.5.3. Espessor	25
3.5.4. Radis	27
4. MOTLLES D'INJECCIÓ	29
4.1. Característiques principals	29
4.2. Classificació dels motlles	30
4.3. Material a injectar	31
4.4. Descripció dels elements	32
4.5. Cicle d'injecció.....	42
4.6. Refrigeració del motlle.....	47
4.7. Fabricació del motlle.....	50
4.7.1. Mecanitzat amb arrencada d'encenall	50
4.7.2. L'electroerosió.....	51
4.7.3. Material dels motlles.....	52
4.7.4. Processos de tractaments de superfícies.....	53
5. MÀQUINA D'INJECCIÓ.....	54
5.1. Unitat d'injecció	54
5.2. Sistema de potencia elèctric	56
5.3. Sistema de potencia hidràulic	56
5.4. Unitat de tancament.....	57
6. CÀLCULS	59
6.1. Número de cavitats.....	59
6.2. Temps de refredament.....	60

6.3. Força de tancament del motlle	62
6.4. Capacitat de plastificació	63
7. DISSENY DEL MOTLLE.....	65
7.1. Introducció	65
7.2. La cavitat.....	67
7.3. Sortida de gasos	68
7.4. Refrigeració.....	69
7.5. Canal de colada.....	69
7.6. Costat d'injecció.....	72
7.6.1. Disc centrador	72
7.6.2. Placa base d'injecció.....	73
7.6.3. Placa porta figura costat injecció	73
7.6.4. Maneguet.....	74
7.7. Costat d'expulsió.....	74
7.7.1. Càlcul del recorregut necessari d'expulsió	75
7.7.2. Placa base d'expulsió.....	76
7.7.3. Regles.....	77
7.7.4. Placa intermèdia.....	77
7.7.5. Placa porta figura costat expulsió.....	78
7.7.6. Placa límit expulsors	78
7.7.7. Placa porta expulsors.....	79
7.7.8. Expulsors.....	79
7.8. Elements auxiliars	80
7.8.1. Elements roscats.....	80
7.8.2. Sistema de guiatge	81
7.8.4. Armelles.....	82
7.9. Recobriment	82
7.10. Possibles màquines a utilitzar.....	83
7.11. Muntatge i ajust del motlle	84
8. PLA GENERAL D'ACTIVITATS EN AUTOMOCIÓ.....	87
8.1. Enginyeria simultània	87
8.2. Master plan	88

8.3. Cas del motlle	91
9. Pressupost.....	93
10. Impacte ambiental.....	94
11. CONCLUSIONS	96
12. BIBLIOGRAFIA.....	97
12.1. Imatges	98

Resum

El projecte consisteix en el disseny d'un motlle d'injecció de plàstic per a fabricar una maneta del seient d'un cotxe. El disseny es fa primer de la peça tenint en compte tots els requeriments tècnics d'aquesta, i després del motlle a partir de la geometria de la maneta i tenint en compte sempre un requeriment econòmic, escollint tots els elements normalitzats necessaris per al seu correcte funcionament i escollint quatre cavitats per a una producció de 300.000 unitats l'any. El material escollit per a la peça és ABS.

Resumen

El proyecto consiste en el diseño de un molde de inyección de plástico para fabricar una manivela del asiento de un coche. El diseño se hace primero de la pieza teniendo en cuenta todos los requerimientos técnicos de la misma, y después del molde a partir de la geometría de la maneta y teniendo en cuenta siempre un requerimiento económico, escogiendo todos los elementos normalizados necesarios para su correcto funcionamiento y escogiendo cuatro cavidades para una producción de 300.000 unidades al año. El material que se ha escogido para la pieza es ABS.

Abstract

The project involves the design of an injection mold plastic to make a handle seat of a car. The design of the piece is first considering all of the technical requirements, then the mold from the geometry of the handle and always taking into account a financial requirement, choosing all the elements necessary for proper standard operation and choosing four cavities for a production of 300,000 units per year. The material chosen for the piece is ABS.

Agraïments

M'agradaria agrair a la meva família tot el suport que m'han donat durant tots aquests anys d'estudi, en els que han fet tot el possible per a que jo seguís endavant i arribés a on estic ara, moltes gràcies.

També m'agradaria fer un agraïment a l'empresa AES engineering Barcelona, per haver-me donat la oportunitat de treballar amb ells, aprendre moltes coses de l'automoció i obrir-me tot un nou món. Gràcies també per l'ajuda que he tingut en el desenvolupament del treball als meus companys i en especial, al director de l'empresa, Carlos Fuertes Ramón.

1. Introducció

1.1. Objecte del projecte

L'objecte d'aquest projecte és el disseny d'una motlle d'injecció de plàstic a partir d'una peça d'automoció que també serà dissenyada amb tots els criteris necessaris per a poder ser injectada.

El projecte compren el disseny del motlle tenint en compte criteris d'optimització de costos en quan als elements constructius que es faran servir, així com l'elecció del material més idoni per als requeriments tècnics i econòmics.

1.2. Abast del projecte

Es partirà d'una superfície de disseny que representarà la pell d'una peça de plàstic del cotxe, es farà el modelat d'aquesta peça tenint en compte els requisits posteriors i s'afegiran a la peça els elements constructius necessaris per a reforçar la seva estructura. Un cop creada la peça, es farà una anàlisi exhaustiu per a poder comprovar que compleix els requisits i es desenvoluparà el motlle des de l'interior cap a l'exterior, passant per l'estudi de la cavitat que reproduïx la peça, el sistema d'injecció, el d'expulsió i els elements auxiliars necessaris per a la seva construcció. Es realitzarà un estudi de les diferents etapes en la fabricació d'un cotxe i es situarà aquest projecte a dins del *master plan* que es fa servir per a veure el període en el que es situa i les seves característiques.

Un cop dissenyat el motlle, es realitzarà una anàlisi econòmica del cost del seu disseny i de la seva fabricació per veure la viabilitat del projecte amb les eleccions que s'han pres. També es farà una anàlisi de l'impacte que pot tenir en el medi ambient i les solucions que es poden prendre per a reduir-lo.

1.3. Objectius del projecte

Dins d'aquest projecte s'estableixen diferents objectius durant el seu desenvolupament:

- Estudiar en profunditat el procés d'injecció amb motlle.
- Veure els diferents tipus de motlles existents i escollir el més idoni per al projecte.
- Veure els diferents sistemes d'injecció i expulsió i triar el més adequat.
- Analitzar les diferents etapes en la creació d'un cotxe, des del seu disseny fins al llançament al mercat.

2. Requeriments tècnics peça-motlle

En aquest apartat es comentaran els principals criteris que s'han de tenir en compte per al disseny d'una peça a injectar en plàstic, i també del seu motlle. Si no es segueixen aquests criteris, el resultat obtingut no serà el desitjat, presentant defectes visuals i tècnics. En aquest cas, la peça no passarà les proves de qualitat establertes en el sector de l'automoció per a poder ser muntades en el vehicle.

2.1. Línia de partició

Es defineix com aquella línia o pla que separa les dues meitats, superior i inferior dels motlles. En general la millor opció es fer que aquesta quedi continguda en només un pla i no seguint un contorn irregular que podria comportar més problemes. En una peça injectada sempre queda marcada aquesta línia amb una rebava, pel que s'ha de fer que quedi en la cara no vista de la peça i no faci un efecte òptic negatiu sobre el client.

2.2. Despulla de les peces obtingudes per injecció

Un cop refredada i solidificada la peça, s'ha de treure del motlle. El cas ideal seria aquell en que la peça cau per gravetat quan s'obre el motlle, separant la cavitat del nucli. Però a la realitat, la peça queda retinguda per les forces d'adherència i tensions internes, pel que s'ha d'extreure mitjançant dispositius especials.

En el disseny de peces que seran injectades s'apliquen angles de sortida que facilitaran l'extracció de la peça injectada del motlle un cop aquesta s'ha refredat. També és molt necessari aplicar aquest angle per a no ocasionar desperfectes a la peça quan es tregui i segons el punt que s'estigui tractant es requerirà un angle mínim o un altre. En el cas de la cara vista de la peça, aquella que el consumidor veurà, la restricció serà més gran perquè no es poden permetre desperfectes, per això en el cas que vagi pintada s'exigeix un angle mínim de tres graus; si es parla de la cara no vista, coneguda com a part tècnica, no s'ha de tenir tanta cura ja que aquesta part no té els requeriments visuals que pugui tenir l'altre, l'angle mínim és de mig grau.

Si no existissin aquests angles de sortida, seria necessari aplicar forces molt grans per a expulsar la peça, el que podria provocar que el motlle s'arribés a trencar.

En la següent taula es pot veure una orientació sobre l'angle recomanat segons la relació entre la mida de les cares de la peça o part a estudi. Tal com es pot observar a la taula, a menor relació l'angle requerit també és menor.

Angle [°]	Relació a/b [mm/mm]
1	0,02
2	0,03
3	0,05
4	0,07
5	0,09

Taula 1. Angle de sortida

Moltes de les peces d'automoció que es fabriquen pel mètode de la injecció de plàstic no són llises, si no que porten un gravat per a donar una sensació visual i al tacte diferent. Aquest efecte sobre la peça, provoca que s'apliquin uns angles de sortida segons la mida del gravat com els que es veuen a la següent taula:

Angle (°)	Mida gravat [1×10^{-6} mm]
1	10
1,5	17
2	21-35
3	30-55
3,5	45
5	50-75

Taula 2. Angle segons gravat

2.3. Negatius

Són aquelles parts de la peça que no es poden extreure en la direcció principal de sortida, ja que ens emportaríem part del material en l'extracció, deformaríem la peça. És necessària la utilització d'elements mòbils, amb sistema mecànic o hidràulic, de manera que es permeti alliberar aquests negatius en un eix diferent del principal de despulla. Depenen de la complexitat de la peça es poden presentar peces amb més o menys nombres de negatius.

En la següent imatge es pot veure clarament el concepte de negatiu, amb la direcció principal de sortida es pot arribar a fabricar la part externa de la peça, però la part interior que va buida és un negatiu, requereix d'un element mòbil que generi aquest buit i es desplaci en una direcció perpendicular a la principal.

S'ha de tenir en compte que els expulsors fets servir per a la despulla deixen unes marques sobre la superfície de la peça, visibles fins i tot amb els treballs més acurats de matriceria, i també que tot el sistema requerit per a extreure aquestes parts acabarà augmentant el preu



Figura 1. Peça amb corredera

final del motlle. Per tot això, en el disseny de la peça s'ha d'intentar sempre que es pugui evitar de crear negatius, i si són inevitables, que la marca creada estigui en una zona no visible i no s'afecti tampoc a la funció de la peça.

2.4. Espessor

Per a determinar espessors s'ha de partir de la mida de la peça a fabricar i es considerarà especialment la longitud dels canals de flux del material. Les propietats del flux dels termoplàstics són influenciades per diferents factors durant l'emplenament (temperatura del motlle i del material, secció i longitud dels canals, tipus d'entrada, etc.). Com a conseqüència s'ha de fer servir un espessor mínim de paret, que es situa entre 0,5 i 0,9 mm per 10 mm de camí de flux; en automoció es treballa amb un valor mínim de 0,8- 1mm, i les peces normalment tenen un espessor mitjà que està entre 2 i 3mm. Es treballa amb l'objectiu d'aconseguir espessors constants a tota la peça per a que no es produeixin problemes en la injecció, això vol dir aplicar buidats en zones d'acumulació de material i tenir cura dels radis com en la peça de la imatge següent, si no es fes el buidat hauria molt sobre gruix. (Flórez, 2014)



Figura 2. Exemple de peça amb buidat per evitar sobre espessor

2.5. Problemes de qualitat

2.5.1. Contracció

Una característica molt important que s'ha de tenir en compte quan es treballa amb polímers és el seu alt coeficient d'expansió tèrmica. En el cas de la injecció de plàstic, quan la peça es refreda succeeix una contracció important del material a dins del motlle que pot arribar a ser del 10% en alguns casos. Per això s'ha de treballar tenint en compte aquest efecte, i quan es dissenya el motlle fer la cavitat més gran per a compensar aquesta contracció i injectar més quantitat de plàstic.

2.5.2. Marques de xuclet

Les marques de xuclet són defectes que es presenten en les peces extretes de motlle degut a la insuficiència de matèria prima o a un elevat gradient tèrmic a dins de la peça, que fa que el material en el centre pateixi una contracció i es deformi la superfície, sense que hi hagi una compensació per aquesta contracció de volum. Per evitar que apareguin aquestes marques es recomana de seguir dos mesures.

La primera, té a veure amb la quantitat de matèria prima disponible durant el cicle, i si és insuficient s'ha d'injectar més quantitat dins de la cavitat. Això es pot fer incrementant el nivell o la duració de la post-pressió o millorant el coixí d'injecció. També és possible que es requereixi incrementar el diàmetre del canal d'injecció o canviar la posició del punt d'injecció; sempre tenint en compte que es recomana d'omplir des de l'extrem amb més gruix cap al més prim.

La segona tracta sobre el flux tèrmic, es recomana fer la transferència de calor més agressiva. En lloc de fer un refredament a temperatura ambient, a través de la convecció lliure de l'aire,

es recomana fer servir la convecció forçada (normalment es realitza amb aigua o un líquid refrigerant).

Com es pot veure en la següent figura, en primera instància es va realitzar un mal disseny de la peça ja que no s'aconsegueix un espessor constant de les parets i es produeixen acumulacions de material importants, això provoca un xuclet a la cara superior de la peça. El disseny òptim d'aquesta geometria seria realitzar un buidat com el que es proposa en la última imatge, d'aquesta manera no hi ha acumulació de material i l'espessor és constant en tot el tram.

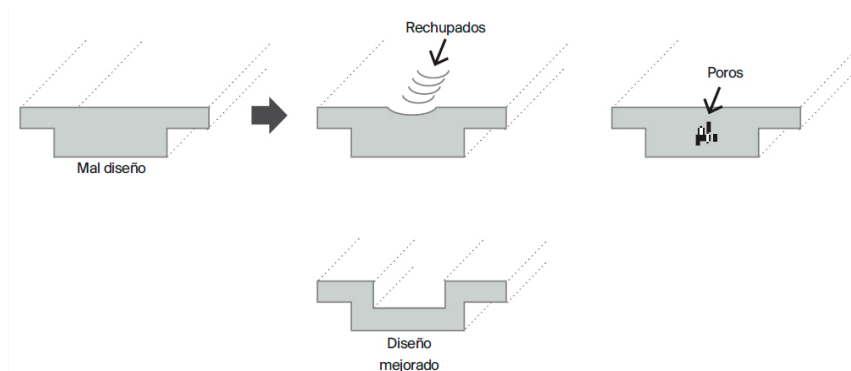


Figura 3. Cas de xuclet en una peça amb disseny ineficient

Per a evitar que es produeixi aquest efecte hi ha diferents alternatives com són crear un gruix local en la zona que necessita una mica més de material, evitant de canviar tota la geometria de la zona, o fer una estrangulació en el cas que sigui per exemple una geometria que necessita un gruix específic en un extrem però no en la seva longitud.

2.5.3. Línies d'unió

Les línies d'unió, o línies de soldadura, es presenten quan dos fronts de flux s'uneixen. Per exemple, si es dissenya un forat de subjecció, els fronts de flux s'uneixen al voltant del forat de la peça. Degut a que representa una separació del material que en altres circumstàncies estaria íntegre, aquestes línies representen una disminució en la integritat mecànica del material, i per tant, el debiliten. Aquest efecte es pot controlar a partir del punt d'injecció i els paràmetres del procés, augmentant la temperatura de fusió del material de forma que hi hagi més difusió entre els dos fronts.

El punt d'injecció ha d'estar situat de tal forma que els forats de la peça no siguin els últims que s'ompliran, si no que un cop que els dos fronts han envoltat el forat, encara quedi camí per recórrer en l'emplenament de la peça. D'aquesta manera hi ha temps suficient per a que els dos

front s'uneixen sense cap problema i no quedin aquestes línies d'unió. Per a veure aquests efectes es fan servir programes de simulació d'emplenament del motlle, amb els que es veu quin camí segueix el flux i com es produeixen les separacions i unions dels diferents fronts.

2.5.4. Rebaves

Apareixen trossos de material en el pla de tancament del motlle, entre la placa fixa i la mòbil. Això és degut a que la força de tancament del motlle és insuficient i el material surt pel pla. També és possible que sigui degut a una mala alineació de les plaques per un desajust del centrador o que el motlle hagi patit un desgast molt gran que faci que no es tanqui bé.

2.5.5. Ràfegues

Són estries a la superfície de la peça per cremades, oxidació o acumulació d'aire. Es formen unes línies de color marró o platejat en la superfície de la peça. El material fos es pot cremar ja sigui per una temperatura massa alta o per un temps de manteniment de la pressió d'injecció massa llarg, produint gasos de descomposició visibles en la peça.

2.5.6. Laminació

És un efecte que es produeix en aquelles zones més primes i llargues de la peça i es caracteritza per la separació d'aquesta en capes de material. Està provocat per la submissió del material fos a un esforç de cisalla excessiu durant l'emplenament, o per la contaminació del material.

2.5.7. Efecte jetting

L'efecte jetting es produeix quan un cordó de plàstic entra en la cavitat del motlle amb un moviment incontrolat, sense fer contacte amb la paret, estenent-se en plecs durant l'emplenament del motlle. Quan entra el material plàstic fos, el cobreix creant deformacions, tensions internes i una falta d'homogeneïtat. (García, 2014)

2.5.8. Enguerriments

Són deformacions en la peça com a conseqüència de que s'han produït unes tensions internes originades durant la solidificació del material o s'ha extret del motlle de manera prematura; això passa perquè es produeix una diferencia de velocitat de refredament en diferents zones de la peça, o de la pressió a la que són sotmeses.

2.5.9. Porus i bombolles

Són aquells espais buits que es formen a la peça, en molts casos en parets gruixudes, com a conseqüència de petites contraccions del material durant la solidificació o la introducció d'aire durant l'emplenament.

2.5.10. Taques negres

De vegades poden aparèixer punts negres en la superfície de la peça deguts a la degradació tèrmica del material, per brutícia o per desgast. Per a solucionar aquest efecte s'ha de tenir cura de la unitat d'injecció, controlant el desgast del cargol i la vàlvula de retenció, revisant possibles esquerdes en el cilindre i netejant el cilindre de material.

2.5.11. Massalota enganxada

En alguns casos, el material solidificat en el canal d'alimentació de la cavitat no es separa o trenca quan es despulla la peça, provocant que el procés de fabricació de la peça s'hagi d'aturar perquè ja no pot entrar més material al motlle o no es permet de treure la peça correctament. Pot ser degut a un temps de refredament baix, pel que s'hauria d'augmentar, o per la diferència de diàmetre entre la sortida de la màquina d'injecció i l'entrada al motlle.

2.5.12. Efecte dièsel

Són taques negres que apareixen a la superfície de la peça per un problema de ventilació, ocasionat quan l'aire no pot escapar o no es desplaça suficientment ràpid cap als canals de ventilació i queda atrapat comprimint-se i augmentant la seva temperatura provocant cremades en el plàstic, que són molt visibles. Aquest efecte es pot solucionar afegint canals de desgasificació per a que tinguin una escapatòria i no quedin atrapats a la cavitat.

2.6. Normatives aplicables

A la hora de dissenyar la peça s'han de tenir en compte, a part de diferents criteris tècnics per al seu disseny, normatives d'obligat compliment existents per a la homologació dels vehicles als que s'instal·larà la peça.

- R21 condicionament interior: aquesta normativa s'aplica a les peces de l'interior del vehicle amb les que l'ocupant es podria colpejar en cas d'accident. Com la peça de la que tracta aquest projecte està per sota del punt H (punt de referència en base al maluc de l'usuari) no se li han d'aplicar els radis mínims ja que se suposa que en cas d'accident la persona no es donaria contra l'element.
- R118 Inflamabilitat i impregnabilitat de materials no metàl·lics: la peça haurà de complir tots els requeriments esmentats a la normativa en quan a inflamabilitat del material per a que en cas d'incendi no contribueixi al foc.

3. Descripció de la peça

3.1. Definició i funció

La peça triada per a realitzar el treball és la maneta del seient d'un cotxe com la que es veu en la següent figura. S'utilitza per a regular l'alçada del seient i va unida al sistema per mitja d'un cargol sense arribar a tocar les altres parts plàstiques que envolten el seient per a permetre el moviment de rotació. En un vehicle sempre n'hi ha dos, tot i que no són exactament la mateixa si no que són simètriques. Com aquesta peça està sotmesa a un moviment i pateix un força sobre ella per a fer-la es requereix també que el departament de càlcul faci les proves oportunes de resistència, fatiga i mals usos per part del client.



Figura 4. Peça del cotxe per a la qual es dissenya el motlle

3.2. Disseny

En el món de l'automoció és el departament de disseny de les empreses el que tria quina forma tindran aquelles peces que son visibles per l'usuari. Treballen amb programes de dibuix de dues dimensions i fan arribar les superfícies de disseny, anomenades *strak*, als enginyers de producte per a que en facin el modelat en tres dimensions i treballin la part més tècnica, aquella no visible. En la següent figura es pot veure un *strak* d'una peça.

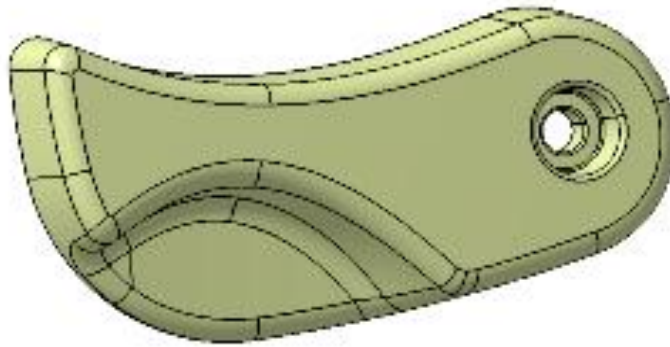


Figura 5. *Strak* frontal de la peça

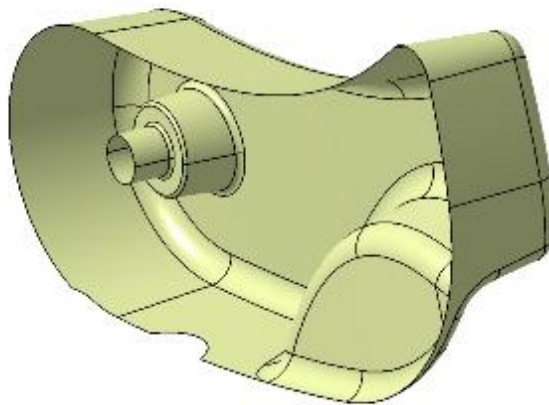


Figura 6. *Strak* posterior de la peça

El primer pas que ha de realitzar l'enginyer és el de donar gruix a la peça; aquest ha de ser constant per a que no es produeixin sobrespressors i problemes a la hora de fer la injecció del plàstic. A continuació es pot veure una imatge de la peça amb gruix.

Quan s'ha convertit la superfície en un sòlid, s'ha de treballar per a que quan es fabriqui i després es faci servir aguantant, és a dir, s'han de reforçar aquelles zones més dèbils afegint nervis. També es fan les modificacions finals per a poder fer la injecció: donar un angle de despulla i radiar totes les arestes que no siguin línia de partició. En la següent imatge es poden veure els nervis disposats a la cara tècnica per a reforçar la peça, els cilindres posats en les interseccions dels nervis són necessaris per a que no hi hagi una acumulació de material que provoqui deformacions.

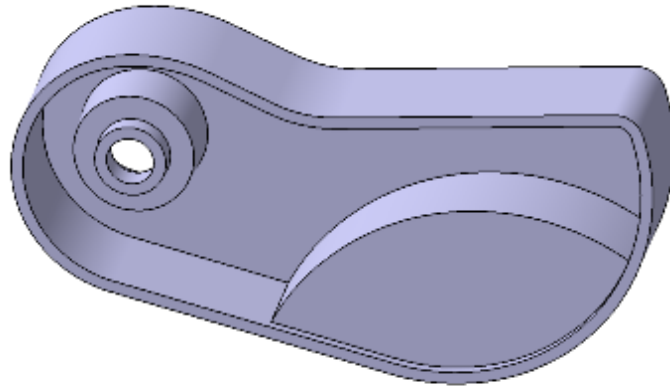


Figura 7. Peça amb gruix

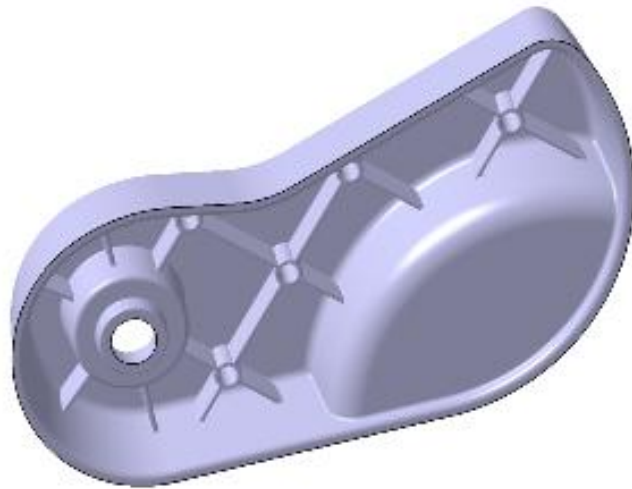


Figura 8. Peça amb nervis

3.3. Posicionament de la peça

En el món de l'automoció es fa servir el següent sistema de coordenades, amb les X cap al darrere del cotxe, les Y cap a la dreta del conductor i les Z cap a dalt; l'origen (0,0,0) es troba just al mig del vehicle i a l'eix de les rodes davanteres.

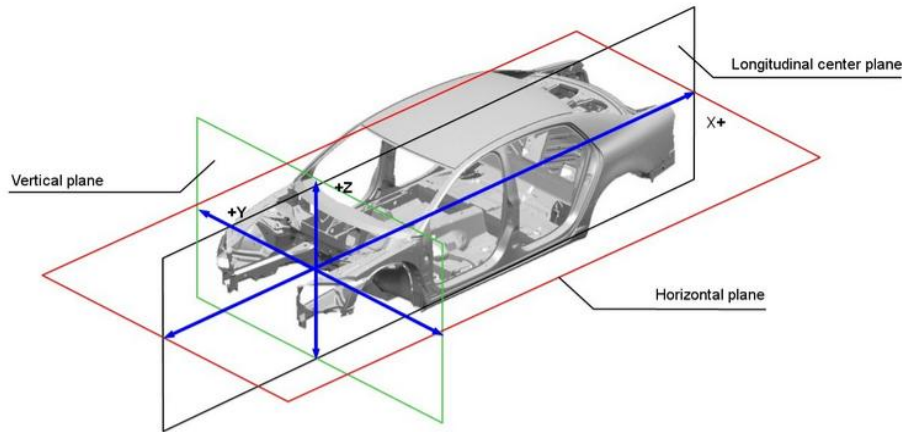


Figura 9. Eix de coordenades automoció

A partir d'aquest sistema de coordenades, es poden situar les peces a l'espai a través d'un sistema de punts de referència (RPS), en el que aquests punts han de ser dissenyats d'una manera que permeti que un component o sub-sistema sigui instal·lat al seu destí i quedi fixat sense tenir moviment relatiu respecte les altres peces. Aquest sistema també es fa servir per a l'acceptació dimensional i presa de mostres dels components, tant internament en el fabricant com en els proveïdors, i com a base per al procés de fabricació. Ens assegura que la posició espacial del component està explícitament definida.

La posició de cada un dels RPS s'especifica utilitzant punts de coordenades, tot i que cada un d'ells, està vinculat a una o més geometries (superfície, forats, etc.). Es fan servir per fixar els elements durant el procés de desenvolupament del vehicle. El tipus i nombre d'elements RPS han de ser seleccionats per aconseguir eliminar els 6 graus de llibertat existents en una peça; s'ha de tenir cura de no crear una sobre determinació. Per aquelles peces que no són rígides, com es el cas de la peça d'aquest treball, s'han de proporcionar RPS secundaris que teòricament creen una sobre determinació però són necessaris per corregir zones inestables per deformació. Han de ser seleccionats segons la funció d'acord a les guies de disseny i a la major distància uns dels altres possible.

Cada cos rígid disposa de sis graus de llibertat a l'espai tridimensional. Tres translacions paral·leles als eixos de referència del sistema i les tres rotacions sobre aquests eixos, com es veu en la següent figura.

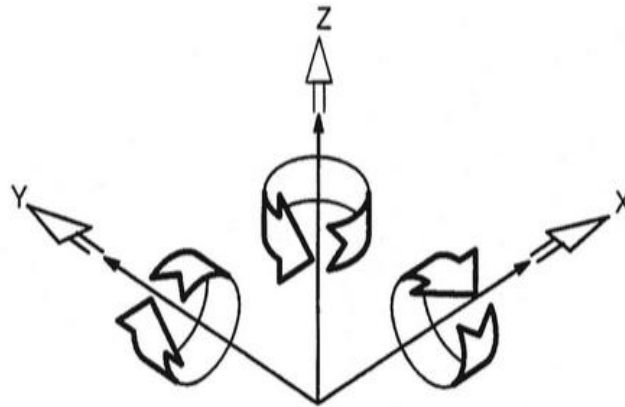


Figura 10. Graus de llibertat

Per tal de donar suport a una peça no simètrica d'una manera definida, s'han de fixar les sis possibles direccions de moviment. Es fa servir la regla del 3-2-1 que proporciona una fixació explícita. Per a veure aquesta regla, s'agafarà la pròpia peça en estudi:

- Els tres punts s'escullen en l'eix Y situats en les cares planes dels cilindres fets servir per a reforçar la cara tècnica. (Y1, Y2, Y3)
- Dos punts més en X, en el forat pel cargol. (X4 i X5)
- L'últim punt es situa també en el forat del cargol i evita el desplaçament en Z. (Z6)

D'aquesta manera la peça queda fixada a l'espai i no tindrà cap moviment relatiu. La informació de la situació dels RPS i de la geometria utilitzada per a la seva funció s'indiquen en el plànol de la peça amb les seves toleràncies i mides corresponents.

3.4. Material

En el mercat existeixen diverses ofertes de material que poden complir amb les especificacions tècniques requerides per a fabricar aquesta peça. Aquestes són:

- Cost baix
- Resistència mecànica
- Resistència al desgast
- Pes reduït

A continuació es pot veure una taula comparativa entre diferents materials:

Material	Resistència al desgast	T(°C) treball	T(°C) injecció	T (°C) Motlle	Preu
ABS	Molt bona	80-100	190-250	15-70	\$\$
PC	Molt bona	110-135	290-300	85-120	\$\$\$
PA	Molt bona	90-110	230-275	30-120	\$\$\$
PP	Normal	120-130	200-305	30-90	\$
PS baixa densitat	Normal	85-95	180-260	10-60	\$
PVC	Normal	40-70	165-190	15-45	\$

Taula 3. Comparació dels materials

Es pot observar a la taula que els materials que tenen una millor resistència al desgast tenen per contra el preu. S'escull el ABS ja que té una molt bona resistència i el seu preu no és excessivament car, a més de presentar unes temperatures de treball no molt elevades pel que són fàcils d'aconseguir.

3.4.1. Característiques

L'ABS té diferents noms comercials com per exemple Novodur W, W 20, H; Lustran I; Vestodur. Normalment es presenta en forma de grana en colors opacs (color natural: groc-cremós, opac). Com a propietat destaquen una bona tenacitat, gran resistència, rigidesa i duresa. És estable a les vibracions provocades pel so. Molt estable al clima, intempèrie i envelliment. Bones propietat dielèctriques i fisiològicament innocu. Té una temperatura d'us permanent sense problemes, màxim de 60-80°C. Presenta una bona estabilitat davant d'àcids dèbils, benzina, olis i greixos. Inestabilitat contra àcids concentrats, hidrocarburs clorats, èters, cetones i èsters. Davant d'un front de flama segueix cremant un cop s'ha separat, la flama és lluminosa, forta formació de sutge. Presenta una contracció de 0,4% a 0,6%.

Es fa servir molt en la indústria de l'automoció, caixes i diverses peces per a màquines d'oficina, telèfons, aparells domèstics i de cuina; recipients de transport, revestiments i peces especials per a aparells de radio, televisió i magnetòfons.

S'ha seleccionat el ABS conegut com a LUSTRAN ABS 241, algunes de les seves característiques són:

Densitat (g/cm ³)	1,05
Mòdul elàstic (MPa)	39
Temperatura de fusió (°C)	232-243
Temperatura de motlle (°C)	43-66
Pressió d'injecció	Moderadament alta a alta
Velocitat d'injecció	Moderada a ràpida (240mm/s)
Contracció (%)	0,4-0,6

Taula 4. Característiques ABS

3.5. Anàlisis de la peça

Després de veure les característiques principals, en aquest apartat es tractarà de fer una anàlisi tècnica de la peça a través del software CATIA V5, per veure si compleixen tots els requeriments necessaris per a ser injectada i que no hi hagin problemes de qualitat posteriors.

3.5.1. Línia de partició

La línia de partició és aquella que marca la frontera existent entre la part fixa i la part mòbil del motlle, és molt important la seva determinació per a veure el pla de tancament necessari. La seva situació és rellevant ja que es inevitable que es formi una petita rebava en aquesta part, es pot observar en qualsevol peça injectada, i sempre s'ha de fer que quedi a la part no vista de la peça per a no tenir un mal efecte visual sobre el consumidor.

En les següents imatges és pot veure la línia de partició en color vermell al voltant de la maneta i en el forat interior, són les dues zones en les que entren en contacte les dues plaques del motlle.

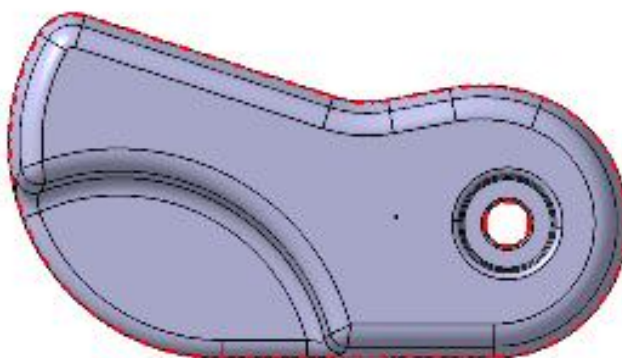


Figura 11. Línia de partició

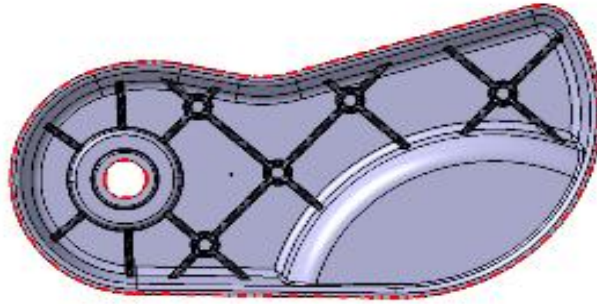


Figura 12. Línia de partició posterior

3.5.2. Despulla

Per a poder extreure la peça del motlle s'han de complir uns angles bàsics ja que si no es així no es pot extreure. Per la part tècnica de la peça, aquella que en el motlle és la mòbil, com no és cara vista es poden fer servir angles a partir de 0,5 graus. Es pot veure en la següent figura que es compleix aquest mínim en tota la part tècnica de la peça.

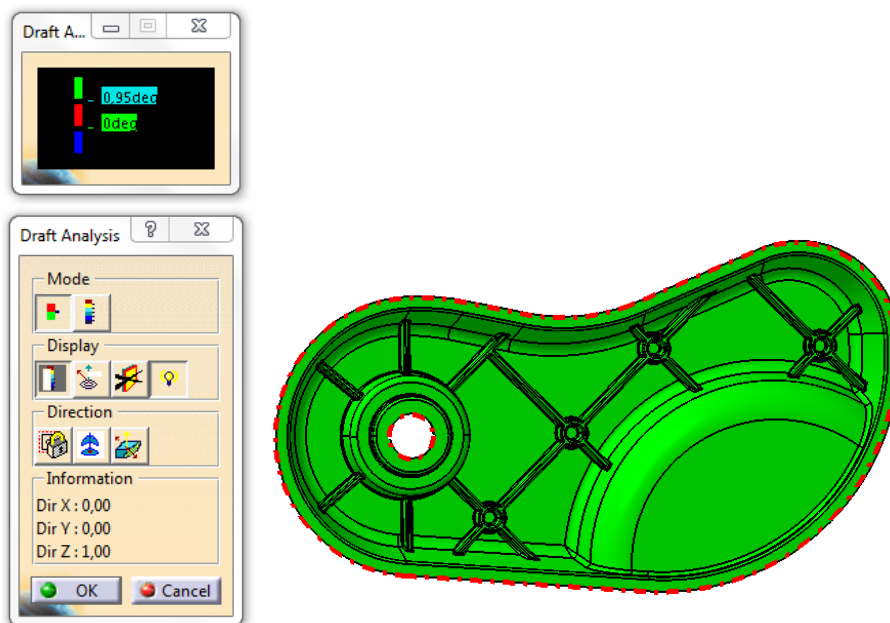


Figura 13. Angle de despulla cara tècnica

En la part vista de la peça s'ha de tenir en compte que aquesta part té un gravat de 17 micres i això comporta que s'exigeixi un angle mínim de 1,5°. Si la peça per exemple anés pintada, aquest valor seria el doble, 3°, perquè si no es així es podria arrencar pintura mentre es treu del motlle. En la següent figura es veu que la part vista compleix amb el requerit.

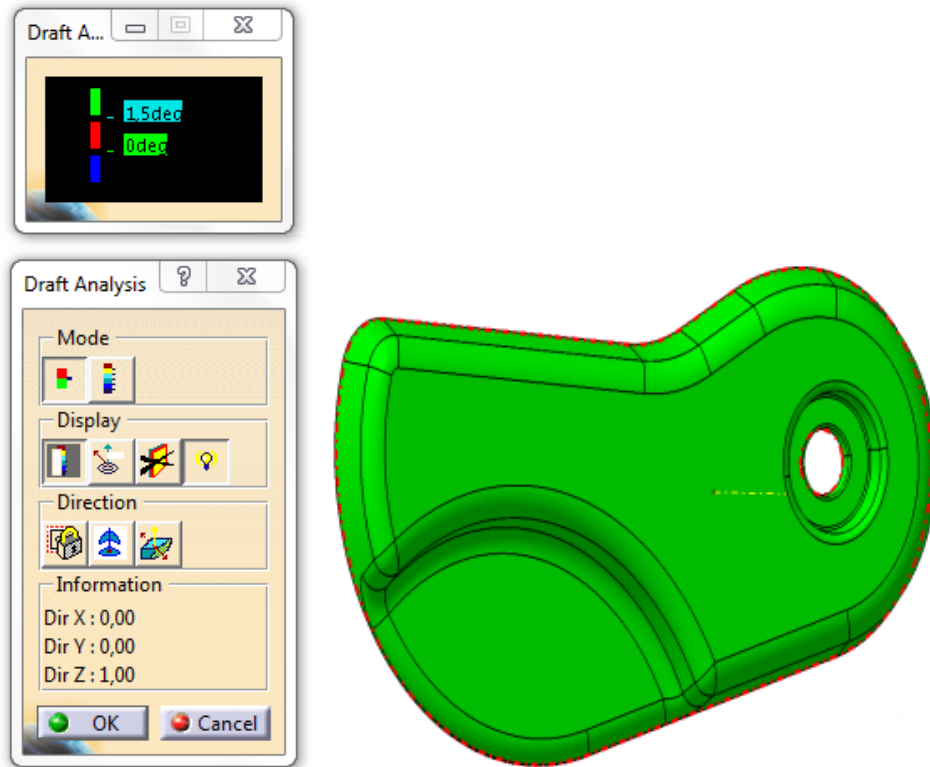


Figura 14. Angle de despulla cara vista

3.5.3. Espessor

La peça d'estudi del projecte té un valor objectiu d'espessor de 2,5mm que s'ha d'intentar complir en el màxim que es pugui. En les zones tècniques com són els nervis aquest valor pot ser menor ja que només tenen una funció de reforç i no fa falta disposar de molt material que encareix la peça. Com es pot veure en l'anàlisi d'espessor, el valor mitjà compleix els 2,5 mm que s'havia estipulat com a requeriments. És molt important que no hi hagi acumulacions de material molt per sobre d'aquest valor ja que provocaran xuclets en la peça. De la mateixa manera que s'ha de vigilar que no hi hagi acumulació de material també es mira que no hi hagi valors per sota d'1 mm.

Els nervis sempre són parts molt delicades per a la injecció ja que són alts i esvelts pel que s'exigeix que la relació entre l'alçada i el gruix sigui de 10 a 1; en el cas d'aquesta peça es compleix amb uns nervis que fan 1 mm a la part superior amb un angle d'un grau i una alçada de 7,5 mm.

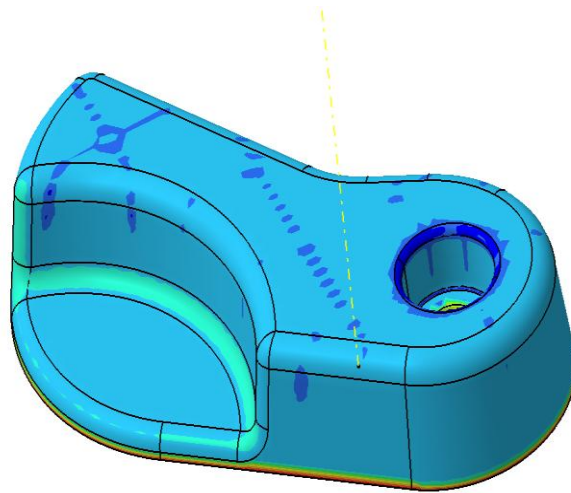
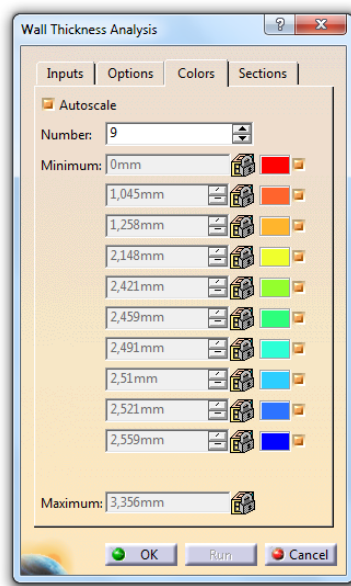


Figura 15. Espessor cara vista

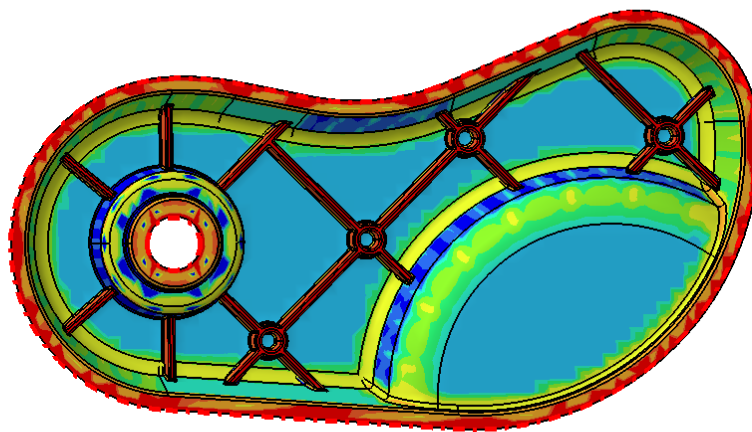


Figura 16. Espessor cara tècnica

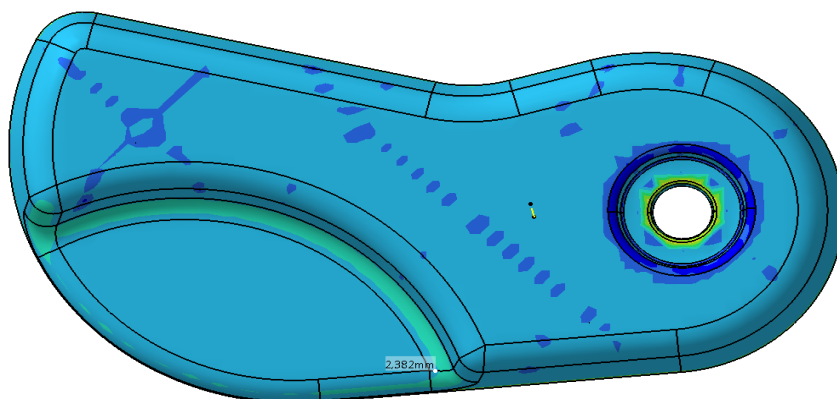


Figura 17. Espessor cara vista 2

3.5.4. Radis

És molt important que tota la peça quedi radiada a excepció de les zona de partició del motlle, si no es així es poden crear parts al motlle que són com ganivets i que a base d'injectar peces amb el temps s'aniran deteriorant i faran malbé tant la peça com el motlle. Es crearia una acumulació de tensions a la peça que amb el pas del temps provocaria que es trenqués i no aguantés cap esforç sobre ella.

En la següent figura es pot veure com tota la peça presenta un radi a excepció del voltant i el forat que es on s'uneixen la part fixa i mòbil del motlle. L'angle mínim requerit per a que no apareguin els problemes anteriorment esmentats és de 0,3 mm.

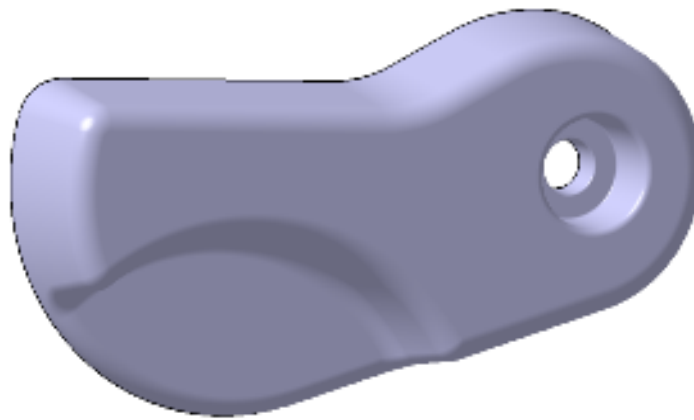


Figura 18. Radis cara vista

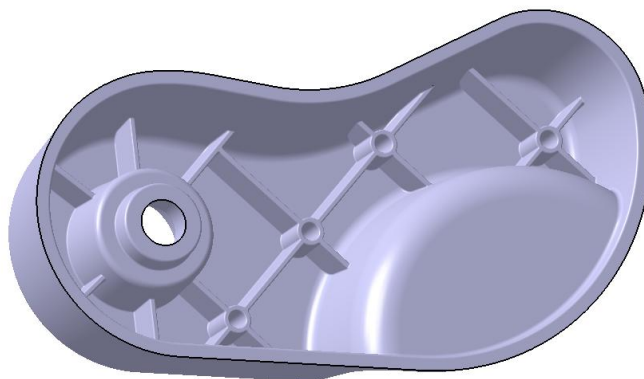


Figura 19. Radis cara tècnica

4. Motlles d'injecció

Aquest apartat té l'objectiu d'aportar una explicació clara i concisa dels aspectes més rellevants de la teoria de motlles, per a que es puguin entendre millor les posteriors explicacions sobre la peça tractada en aquest projecte.

4.1. Característiques principals

Un motlle té com a funció principal allotjar el plàstic fos que envia la màquina d'injecció, refredar-lo, i al mateix temps donar-li forma i extreure'l una vegada la peça està acabada. Els motlles de fabricació de peces de termoplàstics, són útils amb un valor molt alt, realitzats només per a la fabricació d'un motlle de la peça, tot i que es pot aprofitar canviant els postissos per a fer peces de mides semblants.

Aquest cost tant alt del motlle, ve donat principalment per la quantitat d'hores de feina d'enginyeria, de personal i de la maquinaria per a la seva fabricació. Els materials fets servir per a la seva fabricació suposa un 20% del cost total, un altre 20% per les feines d'oficina com són: concepció, disseny i revisions. El 60% restant del preu correspon a les feines de taller. Per aquest motiu s'ha de tenir molta cura a l'hora de fer el disseny de la peça per a que no hi hagin modificacions posteriors quan el motlle ja està fabricat, ja que això pot comportar fer feines extremes sobre el motlle incrementant molt el preu final del conjunt.

El temps que es triga per a realitzar el motlle, des del disseny fins a que ja està acabat i s'han realitzat totes les proves pot anar des dels dos mesos fins als cinc depenent de la complexitat de la peça a realitzar i per conseqüència, del motlle.

Les feines a realitzar durant el treball de construcció del motlle són:

- Concepció del funcionament del motlle
- Creació de plans i especejaments
- Treballs de fresat
- Treballs d'erosió
- Treballs de rectificat
- Treballs de torn i trepa
- Treballs d'ajust manual i muntatge

- Treballs de polit

Després de fabricar el motlle, es realitzen una sèrie de proves a la màquina d'injecció, per veure quines modificacions s'han de fer, per a que el motlle funcioni correctament i la peça surti amb els requeriments de qualitat necessaris.

4.2. Classificació dels motlles

Els motlles es poden classificar segons diferents criteris:

- Segons el procés tecnològic de transformació
 - Injecció: procés pel que el material prèviament plastificat i elevat a la temperatura de motlle es introduït de forma brusca (alta velocitat i pressió) en el motlle tancat on es refreda adquirint la forma d'aquest. Exemples: peces tècniques, automòbil, joguines, etc.
 - Premsat: procés en el que el material plàstic s'introdueix en el motlle, que està obert i calent, sense pressió inicial, a continuació es tanca el motlle i es procedeix a premsar de manera plàstica el material, adquirint la forma del motlle degut a la pressió i temperatura. Exemples: aïllaments elèctrics, connectors, etc.
 - Transferència: aquest és una variant de l'anterior en la que es realitza un preescalfament en una càmera independent i després es fa passar al motlle tancat.
 - Bufat: procés utilitzat per a aquelles peces que estan buides per dins com ara ampolles o envasos. Consisteix en disposar una preforma dins del motlle, i inflar-la per a que adopti la forma final de la peça.
 - Termo-conformat: mètode utilitzar per a fabricar planxes i làmines escalfant el material i donant una pressió per a que agafi la forma desitjada.
 - Emmotllament per rotació: el material, que es troba a temperatura de plastificació, es disposa per tota la superfície interior del motlle, i un cop es refreda, s'obté la peça.
- Segons les característiques estructurals del motlle
 - Estàndard: són aquells motlles en els que la forma final de la peça s'obté a l'interior del motlle, que s'obre en dues parts quedant la peça totalment conformada sense

haver de realitzar més modificacions.

- Corredores: són els motlles que requereixen d'elements auxiliars per a poder realitzar la despulla de la peça, ja que algunes parts no tenen la direcció de sortida principal i es creen negatius.
- Extracció per segments: un cop s'ha conformat la peça, aquesta s'extreu en diferents fases per extracció de segments.
- De tres parts: són aquells motlles que per diferents condicionats, necessiten ser patits en més de dues parts.
- De pisos: és una variant del motlle d'injecció en que les diferents cavitats, se superposen unes a altres en forma de pisos per aprofitar la capacitat d'injecció de la màquina sense augmentar la superfície projectada.
- Segons el tipus de producció del motlle
 - Experimentals: són motlles en que el seu principal objectiu és experimentar amb qualsevol de les seves característiques, refrigeració, etc.
 - Prototips: s'anomenen així aquells motlles en els que les peces obtingudes tenen un caràcter de prototip sense criteris com són el cicle, producció o resistència tinguin un paper molt rellevant.
 - Sèrie/producció: són els motlles que es fan servir per a series curtes, llargues, etc. En els que els condicionants tècnics i econòmics tenen un paper molt important. (Menges, 1980)

4.3. Material a injectar

Els plàstics són compostos orgànics ja que en la seva composició, el carboni és part fonamental d'ells. Estan formats per macromolècules (molècules de gran mida) i son creats transformant químicament altres substàncies, de mida més petita i amb altres característiques. Les macromolècules estan formades per monòmers, que és la part més important ja que conté la major part de les característiques del plàstic; és una molècula de mida relativament petita amb propietat d'unir-se entre si o a altres formant una molècula més gran. A aquesta nova molècula se la coneix com a polímer. (Jimenez, 2010)

Depenen dels monòmers empleats i com s'ha fet la seva reacció, poden presentar-se multitud de varietats de plàstics:

- Termotables: són els polímers que una vegada formats no poden tornar a modelar-se o fondre's, perquè es descomponen i es carbonitza'n. Són més durs i resistent que els altres, però són més fràgils.
- Termoplàstics: són els polímers que quan s'escalfen s'estoven, es poden modelar i al refredar-se s'endureixen. Es poden arribar a fondre més d'un cop, pel que són reciclables. Alguns exemples són el PET, PP, PVC, PS, PC i PMMA.
- Elastòmers: són els polímers que contenen amb la particularitat de ser molt elàstics inclús, recuperar la seva forma original després de ser deformats.

Les masses termoplàstiques arriben en general al mercat en forma de grana, la forma i la mida dels diferents grans és diferent segons el tipus de material. El camí que pot seguir fins arribar a la màquina d'injecció és el següent:

- El material es transporta des del magatzem fins a les proximitats de la màquina.
- El material es barreja amb un colorant si és que no ve del color desitjat.
- En l'etapa de barrejat també es pot afegir material recuperat, provinent del triturat de colades i peces defectuoses. Aquesta quantitat de material recuperat pot variar però normalment és del 10-20%.
- El material s'introdueix a la tremuja de la màquina.

4.4. Descripció dels elements

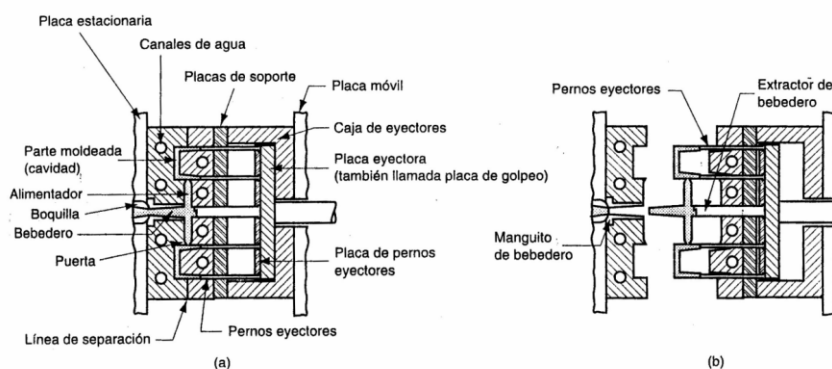


Figura 20. Parts d'un motlle

El motlle es divideix en les següents parts:

- Part fixa o costat d'injecció: és diu així perquè és la part del motlle que no es mou quan la màquina d'injectar realitza el seu moviment. Esta subjectada al plat de la màquina fixa, i és on es recolza el cilindre d'injecció de la màquina, per a introduir en el motlle el plàstic fos.
- Placa base: placa de dimensions adequades per a que segons la mida de la peça, quedin espais lliures per a on subjectar mitjançant brides al plat fix de la màquina. El gruix d'aquesta placa serà suficient per a que no es produeixin deformacions i dependrà del pes total del motlle (20-50 mm).
- Placa porta figura: existeixen en ambdós costats. Són les plaques on es realitzen les figures de la peça, ja sigui com a postissos ajustats a ella, o directament realitzats per la placa. Els postissos, un serà la femella, normalment a la part mòbil, i l'altre el mascle, a la part fixa.
- Centrador: com indica el seu nom, serveix per a centrar el motlle en la màquina. Normalment té una forma circular i sobresurt de la placa base, entrant en el plat fix de la màquina. Un cop centrat el motlle, el cilindre d'injecció de la màquina coincideix amb l'orifici per on ha d'entrar el plàstic fos al motlle.
- Canal de colada, xarxes de distribució i entrades: són cavitats creades en el motlle, que serveixen per a que el plàstic fos que ve del cilindre d'injecció de la màquina, pugui arribar a través d'aquests fins a les cavitats que tenen la forma de la peça a fabricar. Es pot distingir entre la massalota, com a primer tram, on la boca de la màquina es recolza ajustant-se al motlle. Després hi poden haver les xarxes de distribució primàries, i altres derivades de les primeres, i els canals de colada i entrades a la peça, tenint diferent formes segons la seva utilització i materials utilitzats.
- Circuits de refrigeració: les dues parts del motlle, fixa i mòbil, tenen una sèrie de circuits, tant a l'interior de la placa porta figures com en els postissos que tenen les figures de les peces, per on es passa el líquid refrigerant. Amb aquest sistema, a una temperatura donada del líquid refrigerant i treballant la màquina de forma continuada a un cicle donat, s'establirà un equilibri entre la quantitat de calor que subministrem al motlle amb el plàstic fos, i la quantitat de calor que se li treu al

motlle amb el líquid refrigerant. El cicle ha de ser el menor possible que mantingui les peces amb la qualitat final desitjada.

- Guies o columnes del motlle: les dues parts del motlle tenen un sistema de guies en una part o de forats guia a l'altra, amb un bon ajust, que assegurin un perfecte acoblament de les parts, evitant que es produeixin moviments d'una part respecte l'altra quan s'introdueix el plàstic fos a una pressió elevada. El número de guies i forats guies que es fan servir en el motlle depenen bàsicament de la mida de la peça a injectar, normalment són quatre per a mides petites o mitjanes, distribuïdes a les cantonades de la placa.
- Part mòbil o costat d'expulsió: és diu així perquè és la part que està subjecta al plat mòbil de la màquina i es mou solidàriament a aquest. També és la part en la que es situen el sistema d'expulsió de la peça quan està acabada.
- Placa base: igual que a la part mòbil serveix per a subjectar el motlle a la màquina d'injectar a través d'elements de fixació. En aquest cas, no porta un centrador, si no un orifici a la part central que permet l'entrada de l'expulsor de la màquina, fins a la placa expulsora del motlle.
- Placa expulsora: es un placa doble que porta expulsors i recuperadors. Va flotant i guiada en un determinat espai dins d'aquesta meitat del motlle, la seva missió consisteix en extraure la peça amb els expulsors que allotja quan aquests fan pressió. Mitjançant els recuperadors, retorna a la seva posició inicial per a tornar a començar el cicle.
- Regles: són gruixos de ferro, posats en ambdós costats del motlle, subjectes a la placa base i la placa porta postissos mitjançant cargols, creant un espai buit central entre les dues plaques, per on es realitzarà el moviment de la placa expulsora.
- Expulsors: poden tenir diferents formes, segons la peça a injectar i la seva geometria; els més comuns tenen formes cilíndriques o laminars. Estan connectats per una banda a la placa expulsora, i en l'altra formen part de la superfície del motlle en contacte amb el plàstic. S'ha de tenir en compte en la seva situació, que deixen una petita marca sobre la superfície de la peça, pel que no es situen a la part fixa que seria la cara vista.

- Recuperadors: son varetes cilíndriques més grans que els expulsors, situades fora de la superfície del motlle que tanca la peça. La seva missió es evitar que els expulsors facin malbé el motlle quan es tanquen les dues meitats. S'assegura una bona recuperació de la placa expulsora i expulsors a la seva posició inicial.
- Zona de partició: és la zona al voltant dels postissos on les dues parts del motlle es toquen, creant el límit d'emplenament de la cavitat. L'ajust de les dues parts ha de ser tal que no es produeixin sobrants de material a la peça.
- Sortida de gasos: són petits desajustos creats de forma precisa en el motlle, situats a les terminacions de l'emplenament de les peces i que permeten que l'aire que hi ha als buits entre les cavitats al omplir, junt amb els gasos que es generen de la injecció, tinguin lloc per a sortir. Aquestes sortides son de tal mida, uns 0,02 mm, que permeten que surtin els gasos però no el plàstic líquid.

Elements auxiliars:

- Forats roscats i armelles: el motlle té en totes les seves plaques forats roscats amb un orifici per a poder situar un armella; d'aquesta manera es possibilita un transport òptim del motlle a dins del taller o fàbrica.

Sistemes d'alimentació

El procés d'injecció de plàstic amb motlle empeny el plàstic fos cap a una cavitat tancada. El plàstic ha de fluir a través del motlle i arribar a la cavitat on es solidifica abans de ser expulsat; aquest recorregut inclou tres zones: el canal de colada, el sistema de distribució i l'atac. (Garijo, 2007)

Canal de colada

Actua com a superfície entre la boca de la màquina d'injecció i els sistemes de canals d'injecció del motlle. Per al disseny d'aquesta part s'han de seguir certes regles per a un bon funcionament del sistema, ja que és molt concret en cada disseny de motlle i producte.

En la següent imatge es pot veure un breu resum del dimensionament del canal de colada. Ha de tenir un radi esfèric que permetrà un tancament hermètic contra el radi de la boca de la màquina d'injecció, ha de ser el mateix o lleugerament inferior. La mida del forat més petit ha de mantenir-se al mínim però complint els requisits del plàstic seleccionat. El diàmetre de la

boca de la màquina d'injecció es podrà canviar per ajustar-se al canal de colada del motlle, els valors més utilitzats són 2, 4, 5 i 7 tot i que qualsevol seria vàlid.

La longitud total requerida serà la que determina l'estrenyiment del forat intern del canal de colada i s'ha de mantenir al mínim. La seva mesura es pren des de la cara més exterior del motlle (part fixa) fins a la intersecció amb el canal que distribueix el plàstic fos a les cavitats.

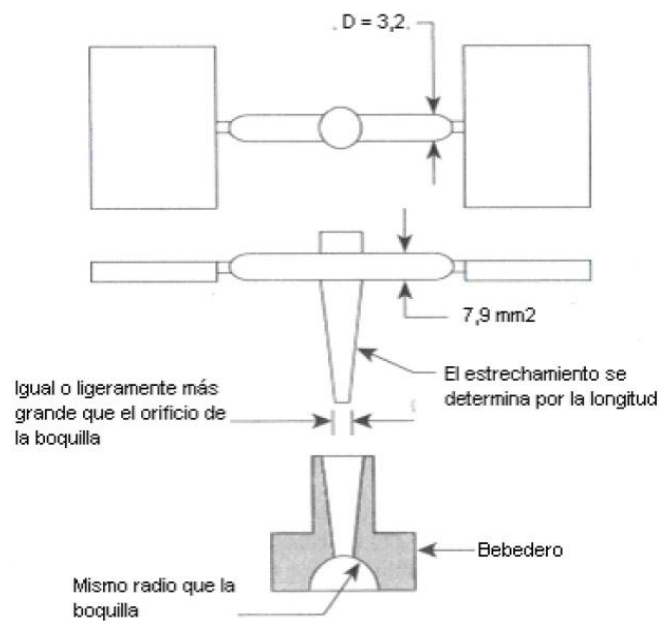


Figura 21. Canal de colada

Sistemes de canals d'alimentació

S'encarreguen de dirigir el plàstic fos cap al motlle. S'anomenen canals perquè el fluid corre per les ranures que es mecanitzen en la base del motlle. Normalment només es fan servir en el cas que es tingui més d'una cavitat tot i que es pot donar el cas que la injecció no es pugui produir al centre del motlle i s'hagi de fer una derivació pel que és necessari un canal.

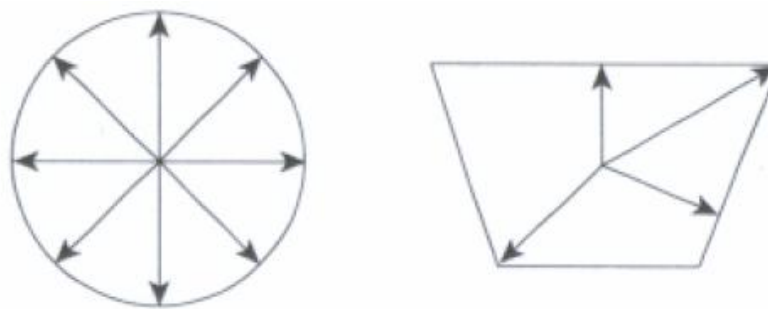


Figura 22. Tipus de canals

El disseny més òptim dels canals és el que té forma circular completa, això es degut a que la secció transversal circular crea la mateixa pressió en totes les direccions, mentre que si es fa servir una secció que no té aquesta forma, es creen pressions desiguals com es pot veure en la figura 22. Amb la forma trapezoïdal es creen distorsions moleculars, que provoquen tensions al material que acaben a les cavitats i perjudica la peça final.

El diàmetre de la secció transversal del canal depèn del tipus de material seleccionat, els que tenen una alta viscositat necessiten un diàmetre més gran que els que tenen nivells baixos. En la següent taula es poden veure alguns exemples:

	Longitud del canal (mm)		
	76,2	152,4	254
Material	Diàmetre del canal (mm)		
ABS	2,4	2,8	3,9
Acetal	1,6	2,4	3,1
Acrílic	3,1	3,9	4,7
Cel·lulosa acetosa	2,4	2,8	3,9
Niló	1,6	1,9	2,4
PC	3,1	3,9	5,1
PE	1,6	2,4	3,1
PP	1,6	2,4	3,1
PS	2,4	2,8	3,1
PVC rígid	3,1	4,7	6,3

Taula 5. Característiques canal segons material

Com es pot observar, com més llarg sigui el camí que ha de recórrer major diàmetre es necessari al inici del canal. La longitud es mesura des de la cavitat fins al canal de colada. Es necessari aquest increment ja que el plàstic es comença a refredar conforme entra en el sistema de distribució i comença a solidificar-se. Per contra, com més gran sigui el diàmetre, més costarà que es refredi i pugui ser expulsat del motlle. També s'ha de tenir en compte que

cada vegada que el canal ha de realitzar un gir de 90°, el diàmetre ha de incrementar un 20% per a compensar la caiguda de pressió que sorgeix al forçar el material al llarg del canal.

La millor distribució seria en forma d'estrella ja que utilitza una aproximació als canals rectes i minimitza el viatge del flux plàstic fins arribar a la cavitat, mantenint el diàmetre del canal al mínim, reduint el total del temps de cicle.

Canal calent

La ineficiència i la poca precisió que presenten esmentats anteriorment, van fer que es crees el conegut com a canal calent per a eliminar el sistema de canal i reduir el temps total de cicle. Fa servir un sistema d'escalfament individual per a mantenir el plàstic fos en el canal i no depèn de les propietats aïllants del material del canal. El sistema s'aïlla de la resta del motlle per a mantenir la temperatura del motlle base relativament baixa encara que la temperatura del canal sigui alta.

Aquesta innovació permet que la boca de la màquina del motlle es mogui directament a la cavitat, eliminant així la tensió i condicions que es deriven de l'ús d'aquesta en els sistemes estàndard de canals. El temps de cicle és més curt, un 25% menys de mitja, perquè no hi ha canal a incloure en els càlculs, els defectes es redueixen al minimitzar les tensions i les deixalles de plàstic s'eliminen.

Es poden trobar al mercat però s'han d'adaptar a cada motlle i material fet servir. El seu preu és car, amb un preu al voltant dels 25.000€ de mitjana, tot i que es solen amortitzar degut a temps de cicle menors i menys material. Per contra, són sistemes més complexos que requereixen d'un manteniment més exhaustiu, un estudi previ ben ajustat i comporta una dificultat en el cas que es desitgi de canviar de material ja que s'ha d'extreure tot el sistema per a poder fer una neteja en profunditat. Es recomanen per a peces molt tècniques o de mides grans que requereixen disminuir el temps de cicle i tenir un emplenament molt òptim.

Punt d'injecció

Un cop el material fos viatja a través del canal, hi ha diferents formes de que s'introdueixi a dins de la cavitat. Una possibilitat és que el propi canal continuï directament però comporta problemes en el moment de separar la peça del canal perquè la unió es forta. L'alternativa més utilitzada és una reducció en la mida del canal, conegut com atac, amb la que és més fàcil de separar les dues parts. La reducció d'àrea crea una lleugera fricció que fa que el plàstic

s'escalfi pel que el flux s'estén i es fa més fàcil l'emplenament de la cavitat. S'ha de vigilar ja que un atac molt estret pot causar degradació tèrmica i tensió en la peça, i un atac molt gran pot crear un temps de cicle excessiu i dificultat en separar la peça.

La gran part de les peces que es fabriquen per injecció de plàstic no tenen uniformitat d'espessor en tot el seu conjunt, pel que el punt més ideal per atacar és on hi ha més material, perquè flueixi de la part gruixuda a la fina. Després s'ha de seleccionar les dimensions d'aquest atac, que depèn del material que es vulgui injectar, ja que els que flueixen amb facilitat poden fer-ho a través d'atacs més estrets, i els que tenen alta viscositat requereixen d'atacs més amples per a un bon flux.

Atac massalota

Aquest és el més idoni quan es tracta només d'una cavitat, s'injecta el polímer fos a la cavitat sense la necessitat de cap canal de distribució, i l'atac té una secció transversal circular; com aquesta està centrada en relació a l'entrada, el flux es reparteix de manera uniforme. Es minimitzen les tensions i les línies de flux.

En aquest cas, el diàmetre on el canal de colada es junta amb la cavitat ha de ser una mica més gran que l'espessor del mur de la peça en la intersecció. Això fa que la boca del canal de colada seguirà en estat fos encara que el material de la cavitat estigui solidificat.

Aquest tipus d'atac té com a desavantatge principal que s'ha d'eliminar la massalota de la peça, deixant restes visuals de l'atac i pot ser que comporti problemes.

Atac de superfície bàsic

La millor opció per a realitzar un atac és fer servir una secció transversal circular ja que es crea una tensió mínima, però és difícil de mecanitzar-ho en un motlle i mantenir-lo concèntric pel moviment d'expansió i contracció de l'acer en el temps. Per això es fan servir més els atacs de superfície rectangulars.

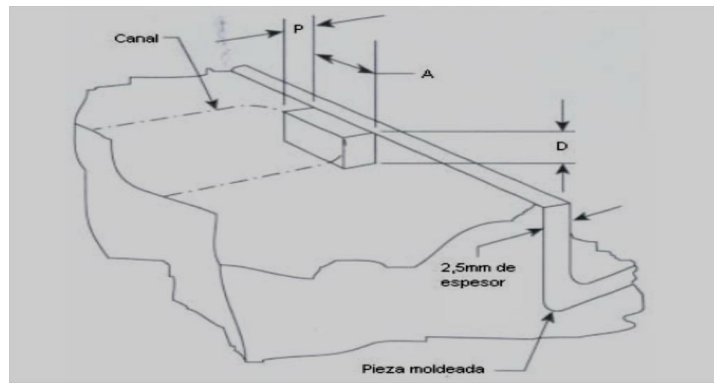


Figura 23. Atac de superfície

Atac d'eix

És una variació de l'atac de superfície bàsic i s'utilitza principalment per a fer peces de grans superfícies i parets molt estretes, com ara les plaques planes. Com es veu en la següent figura, l'alçada més fina actua com un escanyament i provoca que el plàstic fos ompli l'àrea del canal secundari abans de que entri a la cavitat.

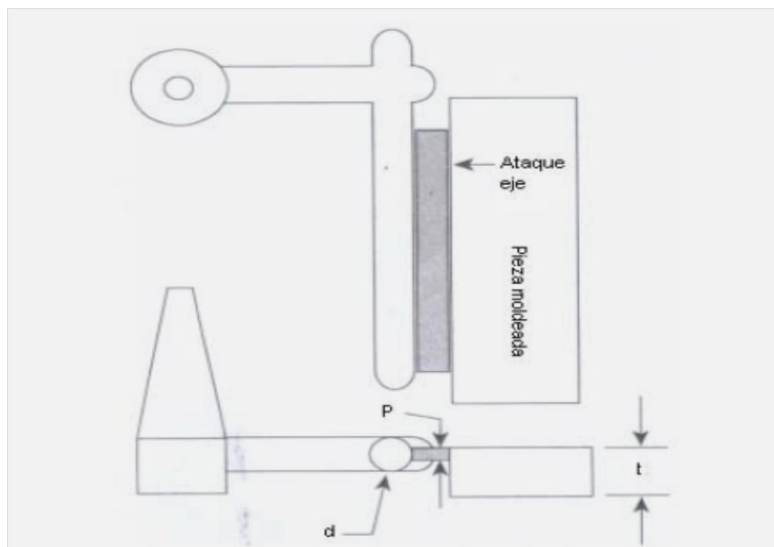


Figura 24. Atac d'eix

El dimensionament d'aquest tipus d'atac depèn del material que es faci servir però un valor mitjà que es fa servir en la dimensió P seria entre 0,5 i 1,5 mm, sent entre un i tres quarts del gruix total de la peça a injectar. El canal secundari ha de ser del mateix gruix que la peça a injectar o una mica superior.

Atac de disc

Aquest tipus permet l'emplenament uniforme en les peces cilíndriques i en forma de màniga.

Atac d'anell

És una variació del tipus anterior i es fa servir per aquelles peces que tenen una forma llarga, de màniga i cilíndriques que necessiten nuclis interns per recolzar-se en els dos extrems de les peces. La forma de l'anell ve de l'ús de dos canals, o canals d'alimentació. El principal alimenta a un segon que rodeja circularment la cavitat.

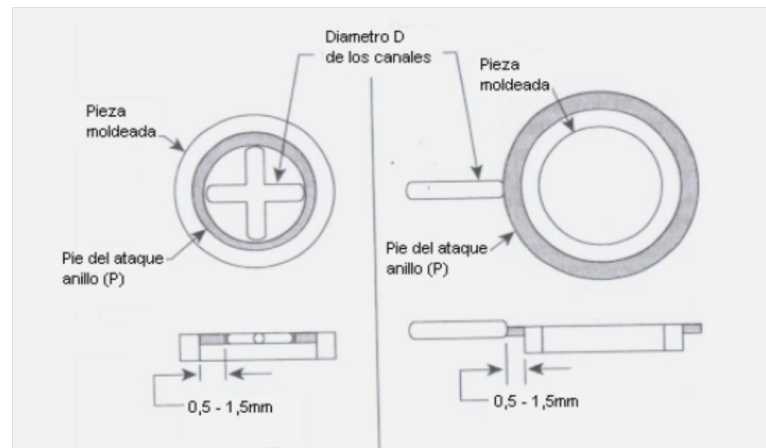


Figura 25. Atac d'anell

Atac perdut

Són molt útils quan una peça no pot ser atacada amb els mètodes d'atac de superfície degut a interferències estètiques o mecàniques del posterior assemblatge. Permeten extreure la peça quan s'obre el motlle com es veu en la següent figura. S'aconsegueix per mitjà de la utilització del motlle de tres plaques.

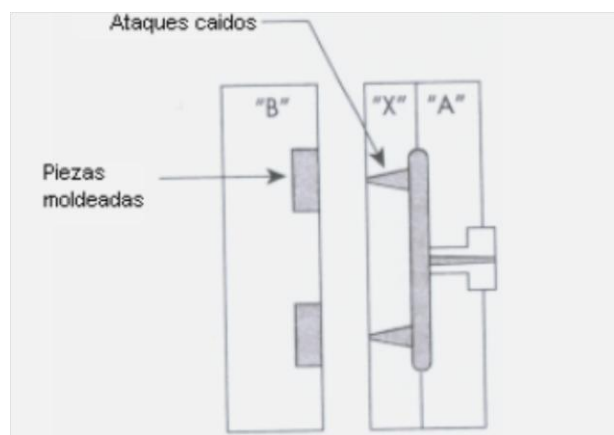


Figura 26. Atac perdut

Atac de túnel

També coneguts com atac submarí, banana o sub-atac, s'utilitzen per el desembús automàtic del motlle i per a col·locar els atacs en àrees que no son accessibles per l'atac de superfície. Es fan servir per a motlles amb més d'una cavitat amb producció de peces petites. Hi ha dos opcions bàsiques: atac puntejat o truncat. El primer crea un orifici circular més petit que l'altra versió i provoca un refredament més ràpid de l'atac tot i que com solidifica més ràpid, no permet mantenir molt la pressió, sent poc indicat per a peces de toleràncies fines. Un altre cas és l'atac corbat, conegut com a banana, utilitzat per a peces de baixa profunditat.

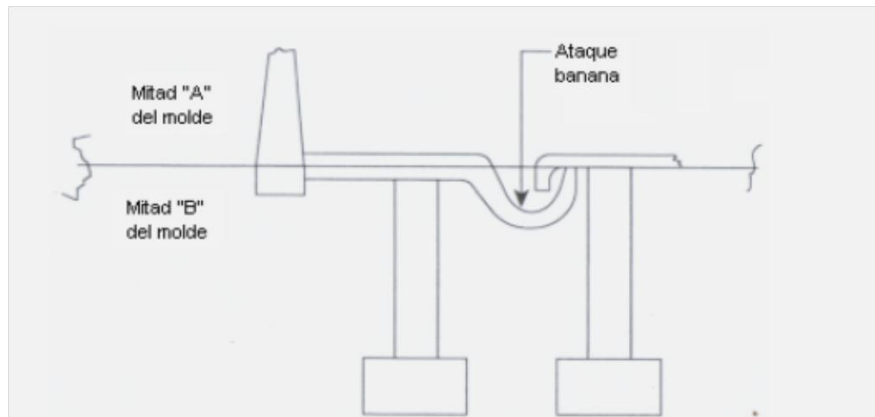


Figura 27. Atac de túnel

4.5. Cicle d'injecció

El cicle d'injecció és el procés mitjançant el qual s'obté la peça, seguint uns passos definits que estant automatitzats i gestionats per la unitat de control de la màquina d'injecció, la qual pot ser ajustada o regulada en cada una d'aquestes fases per a obtenir el resultat desitjat. La duració del cicle incidirà en el preu de la peça ja que el cost que té la màquina es divideix per la producció obtinguda: si s'aconsegueix un temps de cicle ajustat, amb la qualitat que s'havia posat d'objectiu s'obté una bona producció i es redueix el cost. (Industriales, 2007)

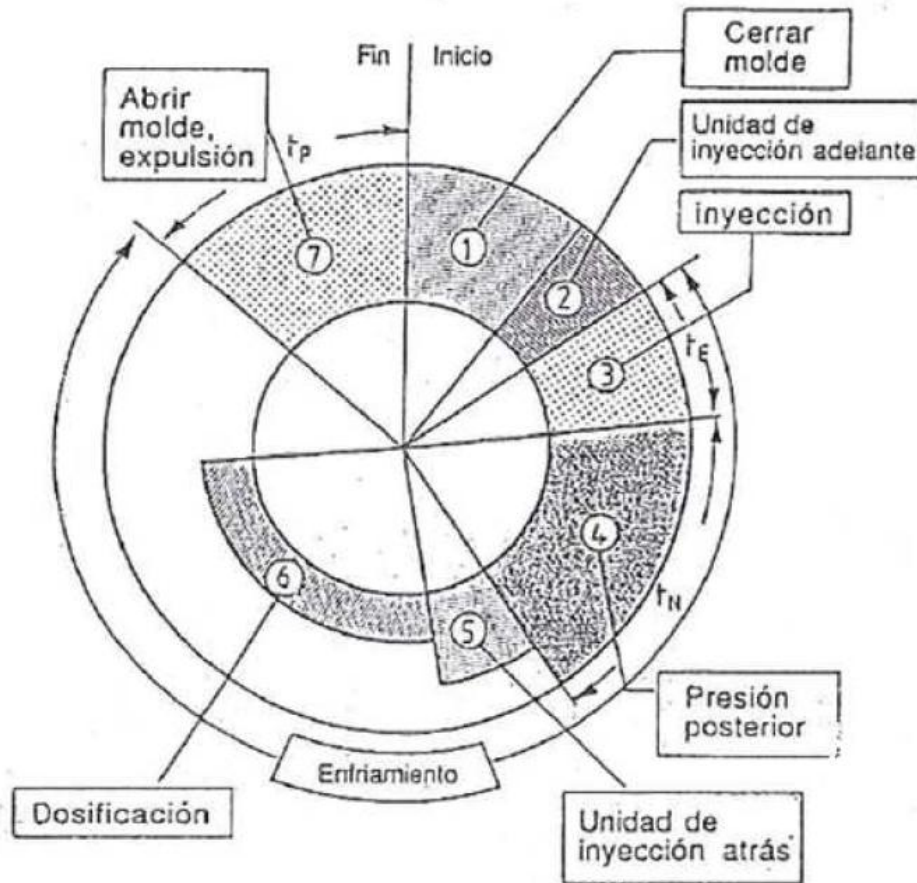


Figura 28. Cicle d'injecció

Dins del cicle d'injecció, que està dividit en diverses fases seqüencials, el temps de refredament en representa una bona part, comença amb l'emplenament del motlle i acaba amb la despulla.

Les fases són les següents:

1- Tancament del motlle: es produeix el moviment per a tancar el motlle, mentre es prepara la quantitat de material necessària. Dins d'aquesta fase, se'n poden distingir altres tres:

- Alta velocitat i baixa pressió.
- Disminució de la velocitat, mantenint baixa pressió, fins que les dues parts del motlle fan contacte.
- S'aplica la pressió necessària per obtenir la força de tancament requerida.

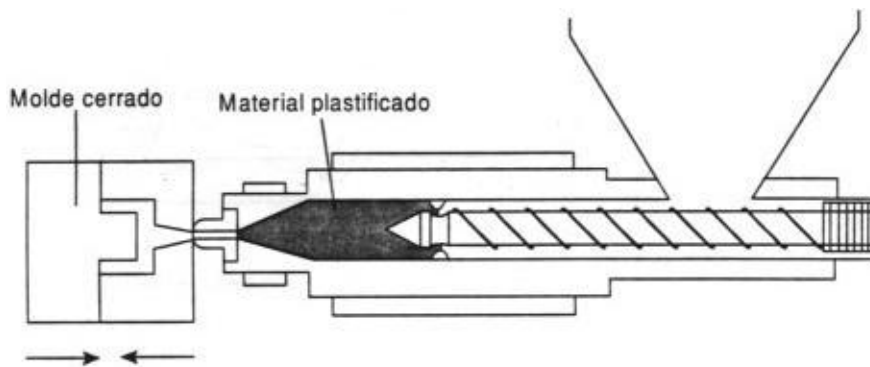


Figura 29. Tancament del motlle

2- Unitat d'injecció avança: és el temps durant el qual la unitat d'injecció ha de fer contacte amb l'entrada de material.

3- Injecció: actuant com a pistó, sense girar, forçant el material a passar a través de la boca cap a les cavitats del motlle amb una determinada pressió d'injecció.

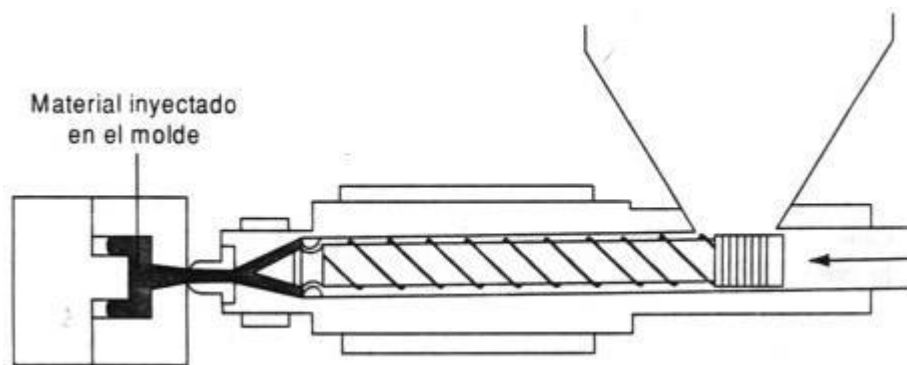


Figura 30. Injecció

4- Pressió posterior: per a poder contrarestar la contracció que es produeix del material dins del motlle es manté la pressió constant durant el refredament de la peça mantenint el cargol endavant.

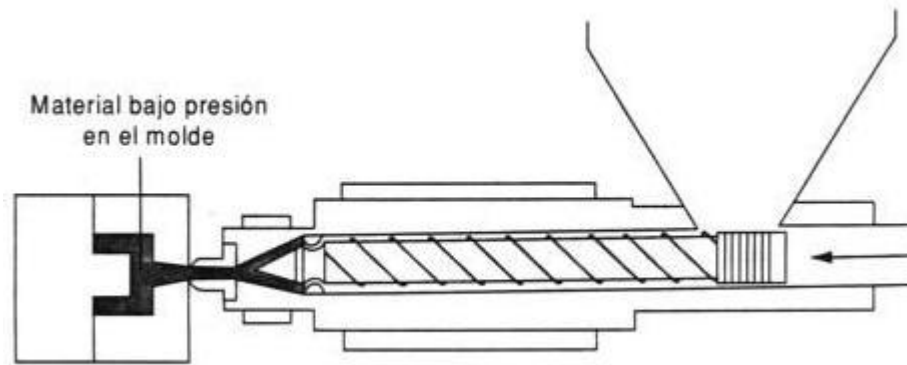


Figura 31. Pressió posterior

5- Unitat d'injecció enrere: és el temps requerit per a que la unitat d'injecció recuperi la seva posició inicial.

6- Dosificació: el cargol gira fent circular els grans de plàstic des de la sitja i plastificant-los. El material fos es subministrat cap a la part davantera del cargol, on es desenvolupa una pressió contra la boca tancada, obligant el cargol a retrocedir fins a que s'acumula el material requerit per a la injecció.

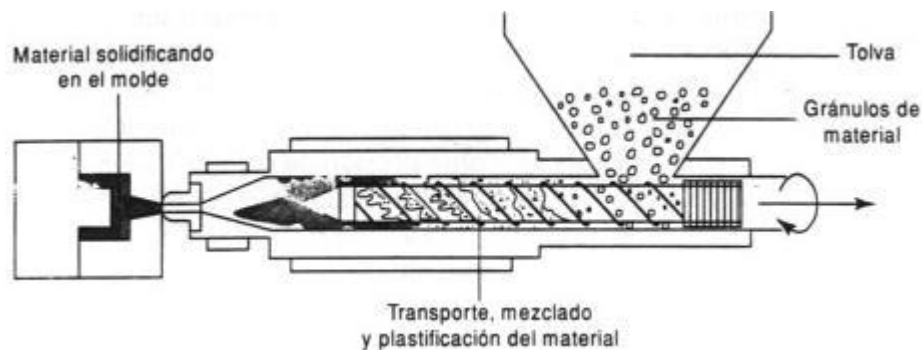


Figura 32. Dosificació

7- Obertura de motlle i expulsió: en aquest pas finalitza la refrigeració de la peça, que pot ser extreta per mitja dels expulsors sense que es deformi, té la solidesa suficient.

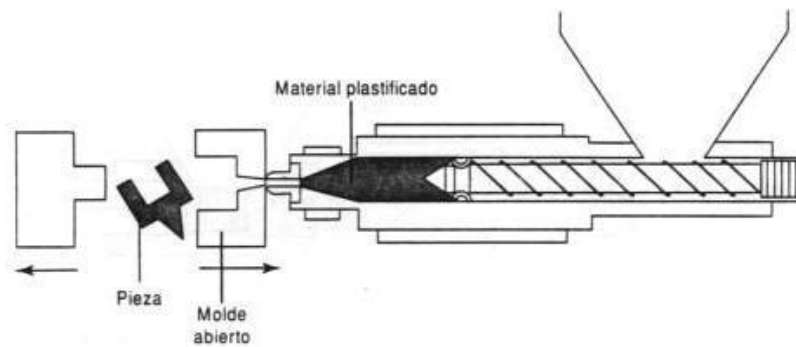


Figura 33. Obertura i expulsió

El temps total del cicle es divideix en:

- Temps en buit
- Temps d'injecció: és el temps necessari per a omplir per complet el motlle, per a que el material entri i ocupi tot l'espai lliure a les cavitats del motlle. Correspon entre un 5 i un 30% del temps total del cicle. Per a calcular aquest temps, s'ha de saber el volum que pot desplaçar la màquina per segon, és a dir, la seva velocitat d'injecció, que es indicada pel fabricant de la màquina.
- Temps d'aplicació de la pressió de manteniment: en aquesta fase s'ha de compensar la contracció del material com s'ha comentat prèviament, per evitar deformacions.
- Temps de plastificació
- Temps de solidificació o refredament: aquest temps va des del final de l'aplicació de la pressió de manteniment i el començament de l'obertura del motlle. En aquest material s'ha d'assegurar que el material està solidificat i que al extreure la peça, no es distorsionerà. Correspon al 50-85% del temps total del cicle.

A partir del gràfic anterior, es pot observar el consum de potencia en cada una de les etapes del cicle. S'observa que en el tancament del motlle no es requereix quasi potencia, només la necessària per a vèncer la fricció generada al moure la placa mòbil. La etapa d'injecció és la que necessita la potència màxima, durant un període curt. El desplaçament de la unitat d'injecció i l'obertura del motlle quasi no en necessiten.

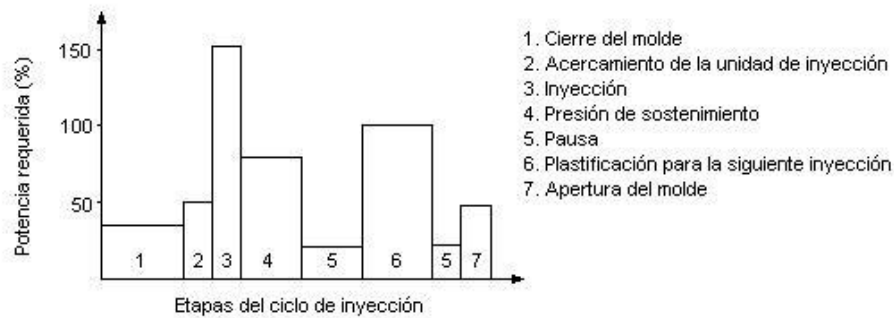


Figura 34. Potencia segons el cicle

Evolució de la pressió i la temperatura durant el cicle d'injecció

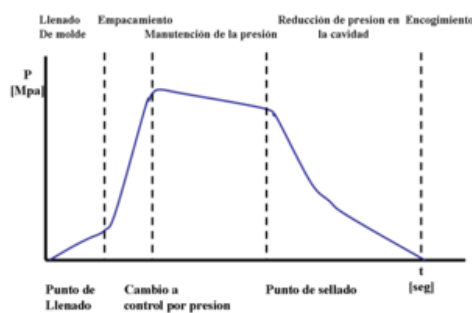


Figura 35. Evolució de la pressió

Es pot observar al gràfic anterior com les fases on hi ha una pressió més alta són la de tancament del motlle i la de manteniment d'aquesta per a que no es produeixin fugues de material i evitar també la contracció del material.

4.6. Refrigeració del motlle

En el procés d'injecció, el material plàstic es introduït en el motlle a una temperatura d'entre 150°C a 300°C, segons el tipus de polímer utilitzat, al contacte amb les parets el plàstic transmet part d'aquesta calor al motlle fins a disminuir a una temperatura anomenada de despulla que varia segons la peça i el procés, 40°C a 120°C.

El motlle dissipa part de la calor al contacte amb les plaques de la màquina i la ventilació del medi ambient, aquesta dissipació és menor que el rebut pel plàstic, pel que és necessari temperar el motlle utilitzant un sistema de refrigeració, el qual consisteix en una sèrie de canals interns que travessen les plaques, cavitats, mascles i altres components, per aconseguir un correcte i eficient refredament. El procés de refrigeració en la injecció funciona de la següent manera: l'aigua es refredada i bombejada a través d'un canal cap a la màquina i el motlle des d'una torre de refrigeració.

La forma en la que la canonada arriba des del controlador fins el motlle, varia una mica depenen del motlle i les pràctiques que segueixi cada processador de plàstic, però en general s'instal·la un manifold o distribuïdor múltiple, a prop del motlle a on arriba la línia d'aigua freda, i des de allí deriven diverses mànegues que són connectades a cada una de les entrades del motlle i que han d'estar identificades clarament com entrades i amb el circuit corresponent. Després de circular a través del motlle, l'aigua passa a la línia de sortida o a un altre manifold i retorna al sistema per a ser temperat novament.

Un ajust correcte de l'evolució de la temperatura permet:

- Reduir costos de les peces.
- Aconseguir contraccions uniformes.
- Obtenir la qualitat superficial de la peça exigida.
- Aconseguir les característiques mecàniques adequades en totes les parts de la peça.

La temperatura del motlle es refereix a la temperatura de les parets d'aquest, és un paràmetre sobre el que es pot actuar durant el procés i que ha de ser pres en compte en el disseny del motlle quan es dissenya el sistema de refredament. Els objectius a seguir quan es dissenya el sistema són:

- La temperatura mitja del motlle ha de mantenir-se en un rang el més reduït com sigui possible.
- La temperatura ha de ser el més uniforme possible en tots els punts del motlle.
- El temps de cicle ha de ser el més curt que es pugui.

En el procés de solidificació, que té lloc immediatament després d'haver-se injectat el plàstic calent en el motlle d'injecció, intervenen una sèrie de factors que establiran la rapidesa amb la que es genera un alt o baix coeficient de transferència de calor i la rapidesa amb la que pot ser expulsada la peça.

Aquests factors són:

- Plàstic a injectar: segons el tipus de resina i les característiques d'aquestes, com poden ser la fluïdesa i la propietat de contracció, es dissenya el sistema de refrigeració del motlle.
- Acers o materials utilitzats en la fabricació del motlle: com estan sotmesos a canvis de temperatura seran afectats d'igual manera en les seves dimensions, segons les seves propietats tenen diferències en la transferència tèrmica, i per tant, en el temps per a

expulsar la peça del motlle.

- Espessor de la peça.
- Medi refrigerant: segons el polímer que es faci servir, s'utilitza un o altre líquid, generalment es fan servir aigua o olis diatèrmics, i en algun cas especial una barreja entre aigua i alcohol. En els motlles que treballen entre 15°C i 60°C es fa servir normalment aigua mentre que els que estan entre 60°C i 90°C es fan servir olis.

Disseny dels canals de refredament en cavitats i mascles: els circuits de refrigeració es poden dissenyar en sèrie, en paral·lel o independents. Es fabriquen per diferents mètodes com la broca i la electroerosió. En general, per a motlles més senzills es fan servir dos circuits separats per a les dues meitats del motlle, i pels motlles grans o complexos, no són suficients amb dos circuits. La distribució dels canals pot ser en sèrie, paral·lel o una combinació; els primers garanteixen les mateixes condicions per a tots els canals amb un risc d'obturació petit, oferint molta seguretat. El sistema en paral·lel ofereixen una baixa pèrdua de pressió i reduïdes diferències tèrmiques. (MetalActual, 2013)

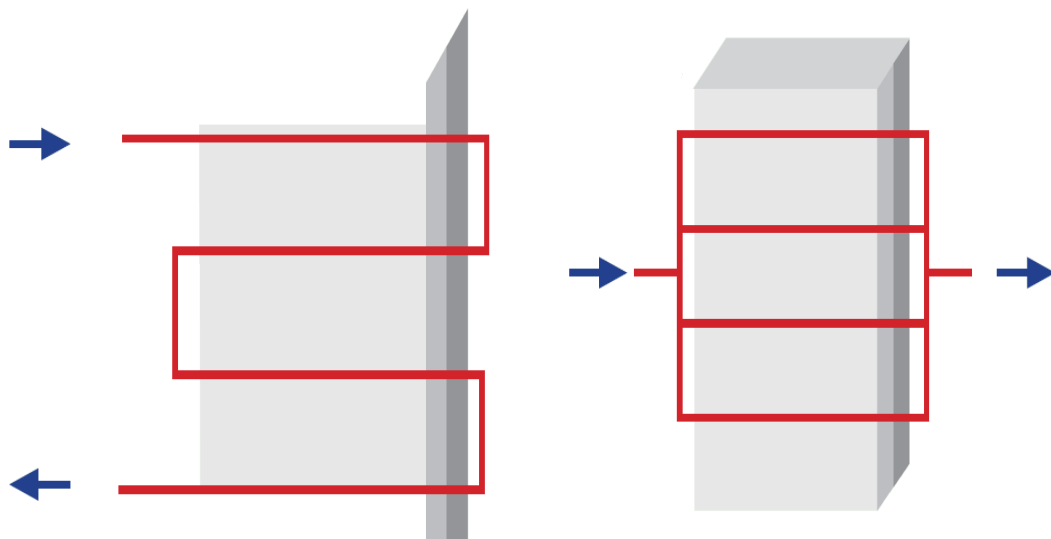


Figura 36. Refrigeració del motlle

Material	Temp. Fusió [°C]	Temp Molde [°C]	Increment temperatura	Calor específic Jkg -1K-1	Calor a extreure
PET	240	60	180	1570	283
PMME	240	60	180	1900	242
PC	300	90	115	3000	345
ABS	240	60	180	1968	364
PS	220	20	200	1970	394
PP	240	50	190	2790	670
HDPE	240	20	220	3640	801

Taula 6. Refrigeració del motlle

4.7. Fabricació del motlle

Actualment existeixen diferents tecnologies noves per a la fabricació de motlles com són el rapid tooling o la sinterització amb làser de pols d'acer, tot i que es segueixen utilitzant les més clàssiques com són l'arrencada d'encenall, la electroerosió, elaboració sense arrencada d'encenall (estampat, encunyat, embotit), galvanotècnia, colada i projecció de material. (Menges, 1980)

4.7.1. Mecanitzat amb arrencada d'encenall

Aproximadament el 90% de tots els motlles es poden obtenir per mecanitzat, en aquesta modalitat de fabricació intervenen principalment treballs de torn, fresat i de polit. Les màquines han de deixar el motlle pràcticament acabat, de mode que només sigui necessari un petit repàs manual. El més recomanable es que aquest treball posterior quedi limitat al polit requerit per aconseguir una bona qualitat de superfície. Amb les màquines i eines que es troben actualment en el mercat, es poden elaborar per mecanitzat tant els acers de nitruració, de cementació i de tremp complet. En l'arrencada d'encenall, el procés consisteix en tallar el material per mitjà d'una eina amb un moviment de gir a gran velocitat sobre el seu eix. L'arrencada es produeix en espessors petits, és a dir, que requereix de més d'una passada per la superfície per a deixar la geometria requerida. Es aconsellable d'efectuar un recuit d'eliminació de tensions en el motlle, després del mecanitzat per eliminar tensions que li poden produir deformacions.



Figura 37. Mecanitzat

Després del tractament tèrmic, s'esmerilen i poleixen els motlles per aconseguir una bona superfície. La qualitat superficial es, en definitiva, un factor decisiu per a la qualitat de les peces. Per obtenir peces correctes, la superfície del motlle ha de ser el més llisa possible i, sobre tot, no tenir cap mena de porus; això constitueix també una condició per a que es pugui treure la peça del motlle sense que es faci malbé.

Per a realitzar aquesta feina es requereix del següent material:

- Centre de mecanitzat
- Fresadora convencional
- Torn convencional
- Rectificadora
- Perforadora de columna

4.7.2. L'electroerosió

És un procés de fabricació també conegut com a mecanitzat per descàrrega elèctrica o EDM. Consisteix en la generació d'un arc elèctric entre una peça i un elèctrode en un medi dielèctric per a arrencar partícules de la peça fins a aconseguir reproduir en ella les formes de l'elèctrode, són unes descàrregues alternes de 20V. Tant la peça com l'elèctrode han de ser conductors, per que es produeixi l'arc elèctric que provoca l'arrencada de material.

Es poden diferenciar dos tipus d'electroerosió, una per penetració (EDM), i una altra per fil (WEDM). La primera es realitza amb un punxó de coure o grafit per a reproduir la peça; la segona utilitza un fil de diàmetre reduït per a penetrar la peça i retallar la figura desitjada.

Els seus avantatges són:

- Es pot fer servir amb materials fràgils ja que no genera forces de tall sobre el cos.

- Es poden produir forats molt inclinats en superfícies corbes sense que hi hagi lliscament.
- Com es un procés tèrmic, es pot treballar sobre molts materials, sempre que siguin conductors.
- Mesures exactes.
- Disminució del número d'operacions davant d'altres processos com l'arrencada d'encenall.

Inconvenients:

- Després del procés s'ha de fer una altra operació per a eliminar una capa superficial de metall fos que queda sobre el cos, fràgil però molt dura.
- El grafit fet servir és molt fràgil, pel que s'ha d'anar amb compte per a que no es faci malbé.

4.7.3. Material dels motlles

4.7.3.1. Acers de cementació

Són els que reuneixen les condicions que més s'apropen a les exigides per la construcció de motlles, es fan servir en el 80% dels casos. L'avantatge particular d'aquests tipus d'acers consisteix en que per cementació, o carburació s'origina una superfície dura com el vidre i un nucli resistent i tenaç. L'elevada duresa superficial fa que els motlles siguin resistents a l'abrasió, i el nucli tenaç els fa resistents als esforços alternatius i bruscos.

4.7.3.2. Acers resistents a la corrosió

Amb alguns polímers elevats es desprenen, durant l'elaboració, productes químicament agressius, com són àcid clorhídric o àcid acètic. Normalment es protegeixen els motlles mitjançant revestiments galvànics, com capes de crom dur o níquel, però només són útils quan s'aconsegueix un espessor de capa uniforme i s'eviten els cantons. Una bona opció és fer servir aquest tipus d'acers, tot i que per contra, no poden rebre un tractament superficial de nitruració ja que reduiria aquesta resistència a la corrosió.

4.7.3.3. Acers bonificats

Són acers que han estat sotmesos a un tractament tèrmic de bonificat per augmentar la seva tenacitat i la seva resistència mecànica. Eviten al fabricant de motlles les dificultats que porta

realitzar un tractament tèrmic al motlle. Es bonifiquen a la mateixa indústria metal·lúrgica, sotmesos a un revingut després del trempat.

4.7.3.4. Acers per tremp total

Aquests acers tenen una millora important respecte a la duresa, resistència i tenacitat a partir d'un procés de revingut i són ideals per aquells polímers amb una forta abrasió. (Osswald, y otros, 2000)

4.7.4. Processos de tractaments de superfícies

Les propietats que són requerides per a millorar en un motlle per aconseguir que la seva vida útil sigui més llarga són la duresa superficial, resistència al desgast, pressió permesa i resistència a la corrosió. Per dur a terme aquestes millores es poden realitzar els següents tractaments superficials:

- Nitrració: s'aconsegueix una duresa superficial superior amb una bona estabilitat, resistència al desgast i a la fatiga. Consisteix en introduir nitrogen mitjançant l'escalfament de l'acer en una atmosfera rica amb aquest gas.
- Recobrimnt amb metall dur: es fa servir per a augmentar la resistència al desgast i a la corrosió.
- Cementació: consisteix en afegir carboni per la superfície del material, augmentat la seva duresa a les capes exteriors i mantenint un nucli més dúctil.
- Niquelat dur: s'afegeixen capes de níquel a la superfície, aconseguint un espessor uniforme en tot el motlle pel que posteriors mecanitzats es realitzen més còmodament; s'augmenta la resistència a la corrosió i al desgast.

5. Màquina d'injecció

En el món de l'enginyeria, l'emmotllament per injecció és un procés semicontinu que consisteix en injectar un polímer en estat fos en un motlle tancat a pressió i fred, a través d'un petit orifici. En una màquina d'injecció (Águila, 2010) per a material termoplàstic es poden identificar diferents parts fonamentals, que es poden agrupar dins d'aquestes unitats:

- **Unitat de tancament:** consta de diversos dispositius necessaris per a la col·locació, accionament i funcionament de les dues meitats del motlle.
- **Unitat d'injecció:** compren aquelles parts de la màquina destinades a la càrrega, plastificació (fusió) i injecció de plàstic.
- **Unitat de potencia:** compren el conjunt de dispositius necessaris de la màquina per a transformar i subministrar la força motriu a les unitats d'injecció i tancament.
- **Unitat de control:** es la part necessària de la màquina per a que es realitzi el procés d'una forma predeterminada per l'usuari i que pugui modificar a voluntat si es necessari. El sistema de control està lligat al de potencia, a través del qual els senyals proporcionats per aquest es converteixen en moviments de les unitats de tancament i d'injecció.

5.1. Unitat d'injecció

Aquesta unitat realitza les funcions de carregar i plastificar el material sòlid mitjançant el gir d'un cargol, moure el cargol axialment per injectar el material plastificat cap a les cavitats del motlle i mantenir-lo sota pressió fins que es separi el motlle. El cargol té un moviment de rotació i un altre de translació en l'etapa d'injecció.

Consta d'un cilindre d'acer capaç de suportar altes pressions, cobert amb bandes calefactades per a escalfar i fondre el material mentre avança pel cargol. L'escalfament del cargol es fa per zones i el número d'aquestes dependrà de la mida del cilindre. A dins es troba un cargol d'acer molt dur, polit o cromat per a facilitar el moviment del material sobre la seva superfície; aquest s'encarrega de rebre el plàstic, fondre'l, barrejar-lo i alimentar-lo en la part davantera fins a que es reuneix la quantitat suficient per a ser injectada al motlle.

Hi ha tres tipus importants d'unitats d'injecció: unitats de pistó d'una fase, unitats de dues fases pistó-cargol i unitats en línia amb cargol alternatiu. Actualment, la gran part d'aquestes màquines fan servir el sistema de cargol alternatiu ja que alterna les funcions de gir i injecció.

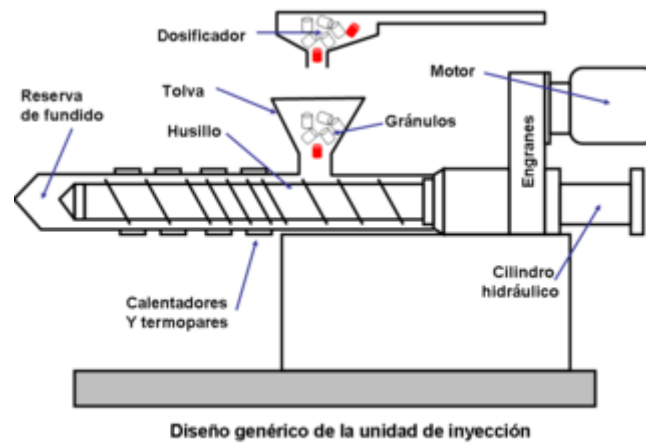


Figura 38. Màquina d'injecció

Les principals funcions que tenen són les de moure's per apropar o allunyar la boca cap al motlle, girar el cargol durant l'etapa d'alimentació, moure de manera axial el cargol durant l'etapa d'injecció i mantenir la pressió generada durant la injecció.

Una gran part de l'energia necessària per a la plastificació del plàstic es deu a la calor de fricció, subministrada al material pel motor del cargol a través del gir d'aquest. Per això, durant l'alimentació es consumeix una gran quantitat d'energia, requerint un motor capaç d'aportar un parell d'arrencada alt.

Si s'analitza la demanda de potència dels principals moviments produïts en el cicle, es pot observar que el moviment de tancament del motlle requereix només la potència necessària per a guanyar el tancament; no obstant, aquesta força ha de ser molt gran, i produir-se de manera ràpida per a mantenir les dues meitats del motlle ben tancades i que no es produeixin fuites de material. L'etapa d'injecció necessita la potència màxima normalment per un període curt de temps, depenent de les condicions del motlle, que estableixen la carrera del pistó d'injecció. Els moviments de les unitats d'injecció i obertura del motlle no necessiten una gran potència.

La velocitat a la que flueix el material a la cavitat del motlle i la pressió que s'aplica durant el temps de refredament, exerceixen una gran influència en la qualitat de la peça que s'obté.

Els principals tipus de sistemes de potència per a la unitat d'injecció es poden classificar en:

- Motor elèctric amb unitat reductora d'engranatges
- Motor hidràulic amb unitat reductora d'engranatges
- Sistema hidràulic directe

5.2. Sistema de potencia elèctric

S'utilitza en màquines relativament petites, tant per al gir del cargol com per a l'obertura i tancament del motlle en la unitat de tancament. Fa servir dos sistemes mecànics d'engranatges i palanques, un per al tancament del motlle i un altre per a la injecció; cada sistema s'acciona amb un motor elèctric independent. Aquests motors poden desenvolupar un parell elevat i a més, el seu eix de comandament pot girar en ambdues direccions. La potencia es transmet mitjançant un quadrant i una roda dentada.

D'aquesta manera, la rotació del motor en un sentit fa accionar els elements per al tancament del motlle i aplica una alta força de tancament; si s'inverteix el sentit de gir, s'obre el motlle. D'una forma similar, l'altre motor acciona els engranatges que subministren la potencia per a la rotació del cargol. En els sistemes amb motor elèctric, la velocitat del cargol pot ajustar-se només en un determinat número de valors, comportant inconvenients per a la obtenció de la qualitat final desitjada. Ocasionalment els motors elèctrics disposen d'un sistema de fre mecànic, que es accionat de manera elèctrica quan acaba l'etapa d'alimentació, evitant que el cargol giri durant la injecció; això és pràctic quan no es disposa d'una vàlvula antiretorn en el cargol.

5.3. Sistema de potencia hidràulic

A diferencia dels motors elèctrics, aquests son mes utilitzats i es basen en la transformació de la potencia hidràulica del fluid en potencia mecànica, com el que es fa servir en les bombes hidràuliques.

Es requereix d'un fluid per a transmetre la potencia des d'una font d'energia a les parts d'accionament de la màquina. Mentre que en el cas de les màquines electromecàniques, la transmissió de potencia des de la font a les parts d'accionament de la màquina s'efectua per mitjans mecànics a través d'engranatges i palanques, amb un sistema de fluids aquests mecanismes es substitueixen, total o parcialment, per tubs de conducció que porten el fluid a pressió als pistons d'injecció i tancament del motlle.

L'ús d'oli com a fluid transmissor de potencia s'ha fet servir molt en la majoria de les màquines hidràuliques, gràcies a les seves propietats lubricants en aplicacions que involucren grans càrregues en l'equip de bombeig. És comú fer servir pressions que varien entre els 70 i 140 kg/cm² i encara més en màquines de dimensions més grans.

Els avantatges del motor hidràulic davant del elèctric són:

- Permet variacions de velocitats, controlant el volum del fluid
- Relació casi lineal entre el parell i la velocitat. El límit del parell es determina per la pressió limitant i el parell d'inici és aproximadament igual al d'operació
- Permet inicis i aturades ràpides degudes al petit moviment d'inèrcia
- Permet relacions baixes de pes-potència, afavorint arribar a altes velocitats del material durant la injecció

5.4. Unitat de tancament

La seva funció principal es subjectar el motlle d'injecció, subministrar el moviment i la força necessària per a mantenir tancades i obertes les dues meitats del motlle. Les seves parts són: columnes guies, platines porta- motlles fixes i mòbils i el mecanisme per obertura i tancament del motlle.

- **Plat fix frontal:** es troba fix a la base de la màquina, ocupant normalment la part central de la mateixa i connecta, per un costat, la unitat d'injecció i, per un altre, la unitat de tancament. Suporta una de les meitats del motlle, la part fixa.
- **Plat mòbil:** suporta l'altra meitat del motlle, es mou axialment sobre les columnes guies, permetent que el motlle obri i tanqui.
- **Plat fix posterior:** suporta el mecanisme de tancament d'aquesta unitat i es sobre el qual s'exerceix la força de tancament per a tancar el motlle.
- **Mecanisme de tancament:** existeixen dos dissenys diferents en els sistemes de tancament, mecànic amb palanques en forma de colze i sistema hidràulic. Per cost, es fa servir el mecànic per a màquines de fins a 10000kN de força de tancament, mentre que per màquines majors s'opta per l'hidràulic. Les diferències es troben en l'efectivitat de transmissió de les forces durant el tancament del motlle. En el primer, la força de tancament es exercida exclusivament per un sistema de palanques articulades que, encara que puguin ser accionades per un sistema mecànic d'engranatges, generalment son accionades de forma hidràulica durant l'obertura i el tancament del sistema. Consta d'un cilindre hidràulic petit, el pistó del qual està lligat a les barres primàries del sistema articulat. El moviment per avançar el pistó provoca a la seva vegada el moviment de les barres principals de l'articulació, tancant el motlle. Posteriorment, la velocitat de l'articulació es redueix, provocant una desaceleració en el moviment del plat mòbil, disminuint el xoc quan s'uneixen les dues meitats del motlle. Com a inconvenient té que no indica la força de tancament i per tant, no pot ser ajustada, les forces de tancament poden variar al canviar la temperatura del motlle i de

les palanques mentre que en el sistema hidràulic aquests canvis es compensen amb el fluid, també es difícil controlar les velocitats i forces per a l'arrencada i aturada en les diferents etapes del cicle, a més de requerir més manteniment degut a un desgast més gran.

El sistema hidràulic, té com a característica principal l'ús d'un cilindre hidràulic per a fer la força de tancament, la qual generalment està localitzada en la part central del sistema. El cilindre subjectat de forma sòlida al plat mòbil es el que exerceix les funcions d'obertura i tancament. El moviment de tancament es realitzat per cilindres petits a alta velocitat, ja sigui per un central o dos laterals connectats de manera directa amb la bomba hidràulica.

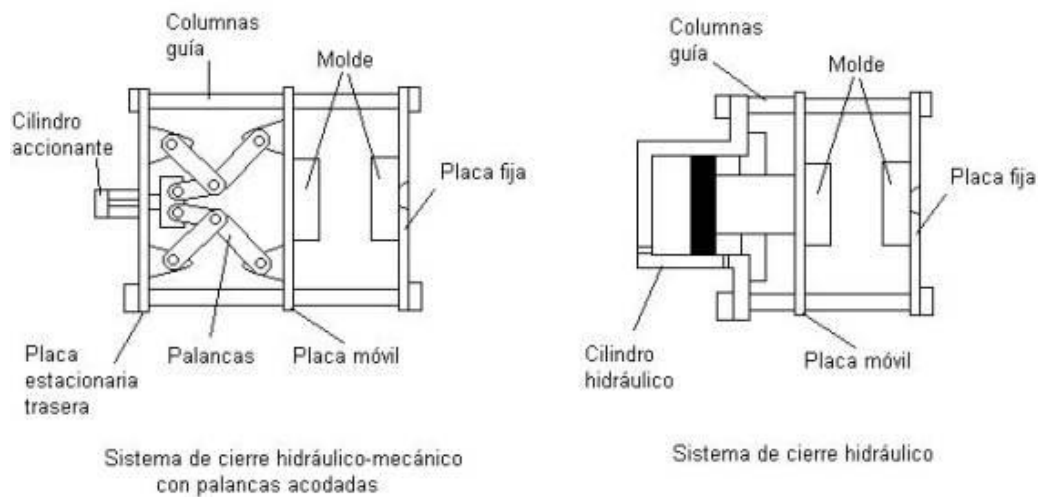


Figura 39. Mecanisme de tancament

6. Càlculs

6.1. Número de cavitats

El número rentable de cavitats en un motlle és un càlcul que té en compte diferents factors implicats en el procés d'injecció, pel que busca un punt mig entre tots ells per a ser el més rentable possible.

Els factors que intervenen són els següents:

- Cost de la màquina.
- Cost de la ma d'obra.
- Temps del procés.
- Cost del material.
- Cost del motlle.

Després de molts anys d'estudi d'aquest càlcul, en el món de la injecció de plàstic amb motlle s'ha establert el següent monograma que resumeix totes les gràfiques que relacionen els factors anteriors en una de sola.

- Volum a fabricar: en el nostra cas es tracta de 300000 unitats.
- Cost de la màquina: obtingut de diversos fabricants que treballen amb motlles, és de 30€/h.
- Cost cavitat del motlle: el cost de fabricar d'un motlle depèn de la complexitat d'aquesta, en el nostre cas es fixa un preu de 9000€.
- Temps de cicle: el temps mitja estimat per a injectar una peça és de 25-30s.

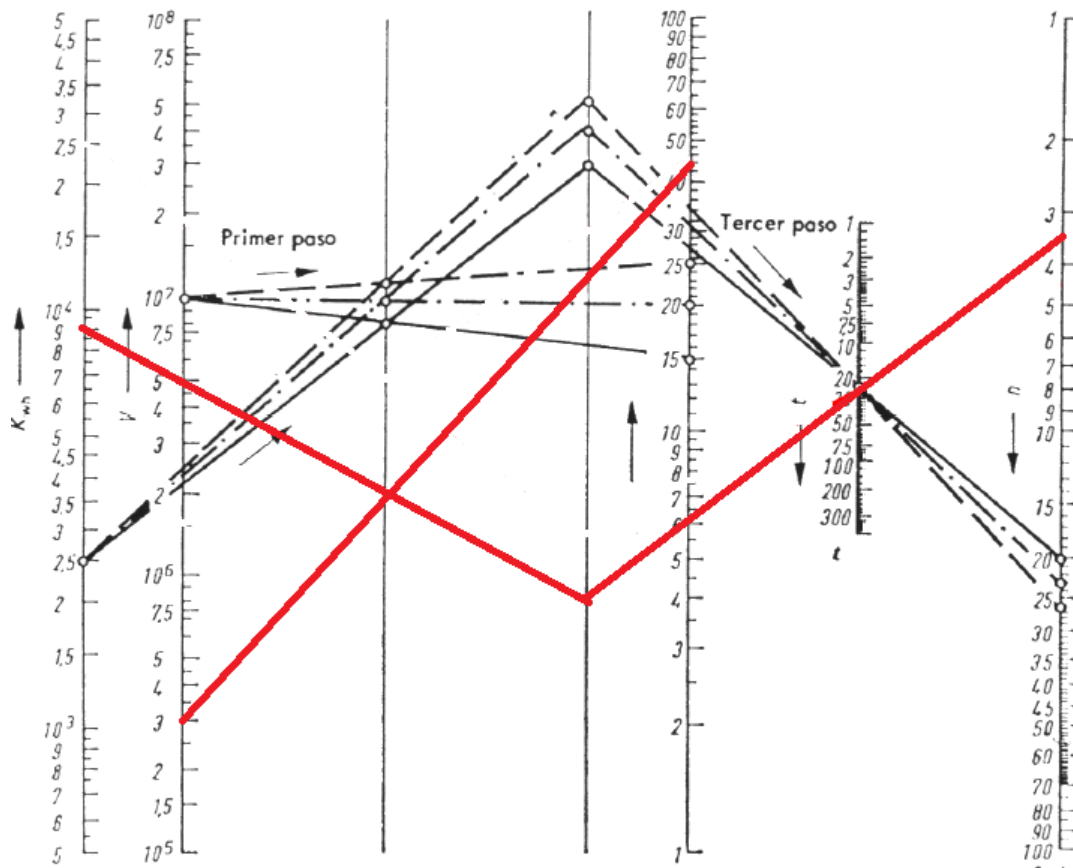


Figura 40. Càlcul número de cavitats

Per a obtenir el nombre de cavitats òptim, s'ha d'entrar a la gràfica amb el valor del volum de peces a fabricar que en aquest cas és de 300000 unitats, i s'uneix amb el valor del cost de la màquina més la mà d'obra, de 45€/h. Després es fa una línia des del cost estimat d'una cavitat fins a la intersecció amb la primera columna sense valors amb la recta que s'ha fet abans i s'allarga fins a la segona línia sense valors. Finalment, s'agafa aquest punt i s'uneix amb el temps mitjà de cicle de 25 segons, obtenint un nombre de cavitats de 3,5. Com aquest valor no pot ser real, s'escull fer un motlle de quatre cavitats per aprofitar la simetria que això comporta.

6.2. Temps de refredament

És el temps necessari per a que la peça, una vegada ha estat injectada, adquireixi la consistència necessària per a ser expulsada.

Per a realitzar el càlcul hem de tenir en compte els següents paràmetres:

- Espessor de la paret de la peça
- Conductivitat tèrmica del polímer
- Temperatura d'injecció del polímer, θ_M .
- Temperatura de les parets del motlle, θ_W .

- Temperatura mínima de despulla, θ_E .

Per a fer el càlcul, primer s'ha de saber la temperatura mitja ponderada a partir de la següent expressió i dels valors del material seleccionat:

$$T = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} = \frac{250 - 60}{90 - 60} = \frac{190}{30} = 6,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Un cop obtingut aquest valor es farà servir un monograma per a obtenir el temps de refredament de la nostra peça, partint de l'espessor mitjà que és de 2,5 cm i de la difusivitat tèrmica del ABS, que s'obté amb el quocient de la conductivitat tèrmica (K) amb la densitat (ρ) i el poder calorífic del material (c_p): (Menges, 1980)

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot c_p} [\text{cm}^2/\text{s}]$$

$$\alpha = \frac{0.17 \frac{J}{s \cdot m \cdot K} \cdot \frac{1 m}{100 cm}}{\frac{1.06 g}{cm^3} \cdot \frac{1200 J}{Kg \cdot K} \cdot \frac{1 Kg}{1000 g}} = 0,00081492 \frac{cm^2}{s}$$

Entrant en el monograma amb aquestes dades i localitzan les columnes de la difusivitat tèrmica i de l'espessor mitjà de la paret, s'uneixen ambdós valors. De la intersecció d'aquest primer tram amb la columna numerada 1, s'uneix aquest punt amb la temperatura mitja ponderada i s'obté el valor final del temps de refredament, sent aquest de 12 s.

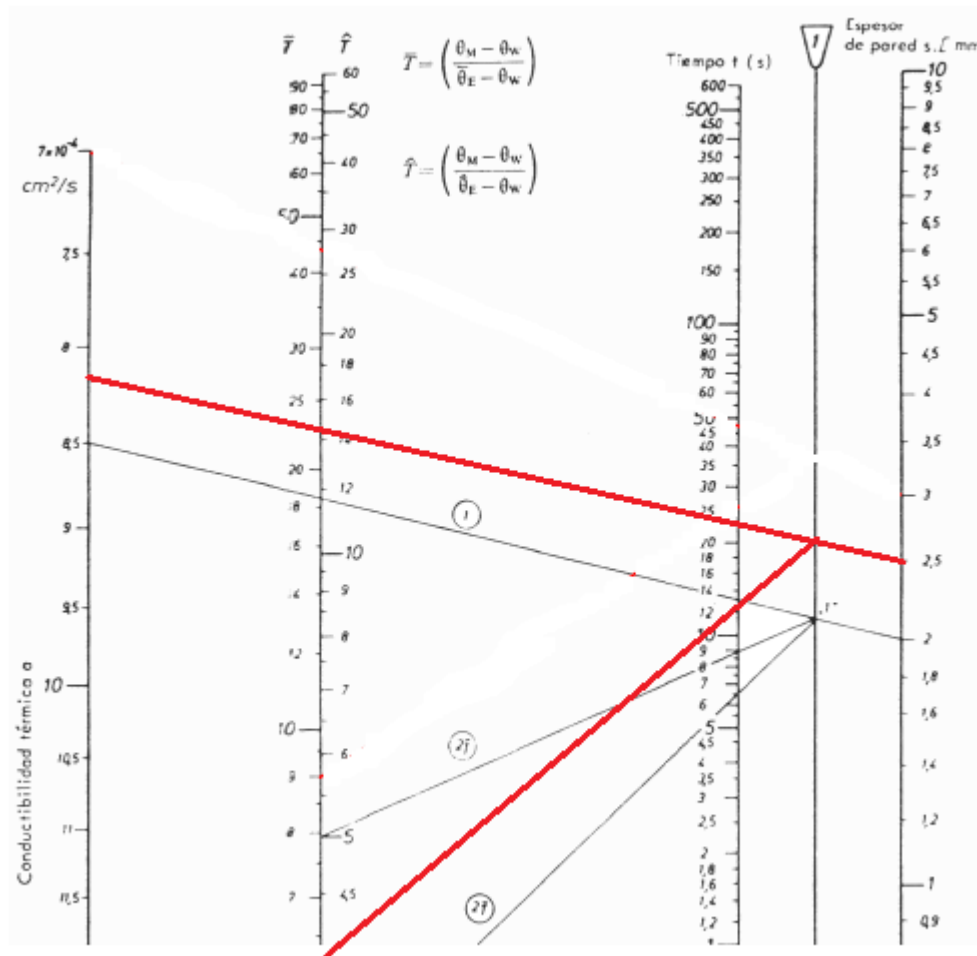


Figura 41. Càlcul temps de refredament

6.3. Força de tancament del motlle

És un dels paràmetres que defineix la màquina d'injecció i correspon a la força que s'ha de fer per a mantenir el motlle tancat durant la injecció, es mesura en tones [T]. Per a determinar aquesta força, es parteix de la següent expressió:

$$F_c = P \cdot A \text{ [N]}$$

Com aquesta fórmula fa servir les unitats del sistema internacional es modifica per a obtenir tones que és amb el que es classifiquen les màquines d'injecció, a més, hem de tenir en compte tant l'àrea projectada de la peça com dels canals de colada, obtenim la següent expressió:

$$F_c = \frac{P \cdot (A_p \cdot N + A_R)}{1000}$$

On:

- F_c = Força de tancament
- P = Pressió teòrica mitja del polímer [Kgf/cm^2]
- A_p = Àrea projectada [cm^2]
- N = Número de cavitats
- A_R = Àrea projectada dels canals [cm^2]
- 1000= Factor de conversió a tones

Per a la pressió teòrica del polímer, es fa servir la següent taula, d'on obtenim que el valor en el cas del ABS és de 300 Kgf/cm^2 :

Material	P [Kgf/cm^2]
PS, ABS	300
PA, POM, PMMA, PP, PE	400
PC	600

Ara es procedeix a substituir els termes presents a la fórmula amb els valor del cas del motlle, amb una àrea projectada de la peça de 40 cm^2 i $2,325 \text{ cm}^2$ dels canals de colada, obtenim el següent valor:

$$F_c = \frac{300 \cdot (40.4 + 2,325.4)}{1000} = 50,79 \text{ T}$$

6.4. Capacitat de plastificació

És una altra dada molt important per avaluar les possibles màquines d'injecció, tot i que no es fàcil d'expressar numèricament. És la quantitat màxima de material que la màquina es capaç de plastificar per unitat de temps.

Es fa servir la següent expressió:

$$C_p = \frac{P}{t_e}$$

On:

- C_p = Capacitat de plastificació expressada en g/s.
- P = pes de material per a cada injectada, en grams.
- t_e = temps de refredament expressat en segons.

El pes de la peça s'obté amb el programa *CATIA* amb el que s'ha dibuixat la peça, que introduint la densitat del material triat calcula automàticament el pes de la peça, amb un resultat de 0,032 Kg per a cada una més 0,003 Kg del canal de colada. Per tant:

$$C_p = \frac{(0,032 \text{ Kg} \cdot 4 + 0,003 \text{ Kg}) \cdot \frac{1000g}{1Kg}}{12} = 10,91 \frac{g}{s}$$

7. Disseny del motlle

En aquest capítol es procedirà a explicar pas a pas la morfologia del motlle que s'ha dissenyat i de les seves característiques principals. Es seguirà la cronologia que es fa servir per al disseny del motlle partint de la peça i fent des de dins cap a fora amb tots els elements requerits per a la unió de les diverses parts. El bon disseny que es faci del motlle juntament amb una execució i un estudi exhaustiu de l'ompliment i l'extracció dictaran la qualitat final de la peça a fabricar. Que es faci un bon disseny del motlle també farà que es redueixi el temps d'aturada per a manteniment d'aquest. Per a poder fer el disseny del motlle es treballarà amb el programa CATIA V5.

7.1. Introducció

Entre tots els tipus de motlles que s'han vist anteriorment, el que s'ajusta més a les necessitats de la peça és el motlle estàndard en que la forma final de la peça s'obté a l'interior del motlle, i s'obre en dues parts quedant la peça ja conformada sense haver de fer cap modificació posterior. No són necessàries les corredores ja que com s'ha vist en l'anàlisi de la peça no hi ha negatius, tret d'un òptim disseny per a evitar d'encarir el resultat final. La opció d'un motlle de tres parts seria bona també per a extreure més d'una peça sense haver de fer posteriors modificacions, ja que permet tenir el sistema de colada en un pla diferent del pla d'unió de les plaques del motlle, però el seu preu és més elevat ja que té més nombre de parts pel que queda descartat igual que els motlles de pisos.

Amb l'objectiu de crear un motlle amb un cost ajustat s'ha escollit la opció d'elements normalitzats de la marca *HASCO* que compleixen amb les necessitats del projecte i tenen un cost molt més econòmic que aquells que es fan a mida, més tenint en compte que la mida del motlle no necessita ser molt gran. Tot i escollir plaques normalitzades, s'han disposat en funció del que més convenia per al disseny del motlle. Es diferenciaran dos parts a partir de la línia de partició, el costat d'injecció i el costat d'expulsió. Cada un d'ells està format per plaques i altres elements auxiliars com són les columnes, cargols, expulsors, etc.

En la següent taula es pot veure un resum dels elements triats per al motlle:

Plaques normalitzades	Model	Material
Part injecció		
Placa base	K10/246x446x36mm	1.1730
Cavitat	K20/246x446x56mm	1.2311
Part expulsió		
Placa base	K10/246x446x36mm	1.1730
Regle (x2)	K40/246x446x76mm	1.1730
Placa de suport	K30/246x446x36mm	1.1730
Nucli	K20/246x446x56mm	1.2311
Sistema d'expulsió		
Placa límit	K70/246x446x22mm	1.1730
Placa porta expulsors	K60/246x446x17mm	1.1730
Components	Model	Norma
Eix guia (x4)	Z00/56/22x35mm	1.0401
Cargol amb cap buit (x4)	Z31/M12x35mm	DIN 912
Cargol Allen amb cap cilíndric (x4)	Z32/M4x8mm	DIN 7984
Cargol amb cap buit (x4)	Z31/M12x150mm	DIN 912
Cargol amb cap buit (x4)	Z31/M8x22mm	DIN 912
Cargol amb cap avellanat (x8)	Z33/M4x8mm	DIN 7991
Maneguet canal de colada	Z50/18x56mm	1.2826
Disc centrador	K100/90x8	1.1730
Disc centrador	K500/100x8	1.1730
Armella(x2)	Z710/10	DIN 580
Casquet de centrat (x4)	Z20/30x120	DIN 16759
Casquet guia (x4)	Z10/66/22	DIN 16716-C

Volandera límit (x4)	Z55/28x3	1.0711
Expulsor (x12)	Z44/1,5x160	DIN 1530-2
Expulsor de colada	Z40/3,5x160	DIN 1530-1

Taula 7. Elements del motlle

En la següent imatge es pot veure un conjunt del motlle:

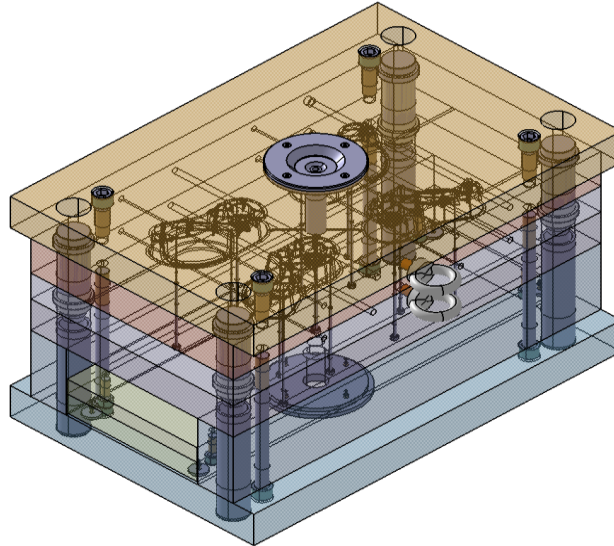


Figura 42. Conjunt motlle

7.2. La cavitat

És la responsable de la reproducció de la morfologia de la peça, a partir del 3D de la peça s'obté la línia de partició de la peça, que també ho serà de la cavitat i el motlle, i que ens diferencia les dues parts principals del motlle. S'ha de tenir en compte a l'hora de crear la figura a les plaques amb la contracció del material que en el cas del ABS és del 0,4% pel que s'ha de realitzar un escalat de la peça primer.

A continuació podem veure la representació de la cavitat de la part mòbil amb la que s'aconsegueix la part interior de la peça:

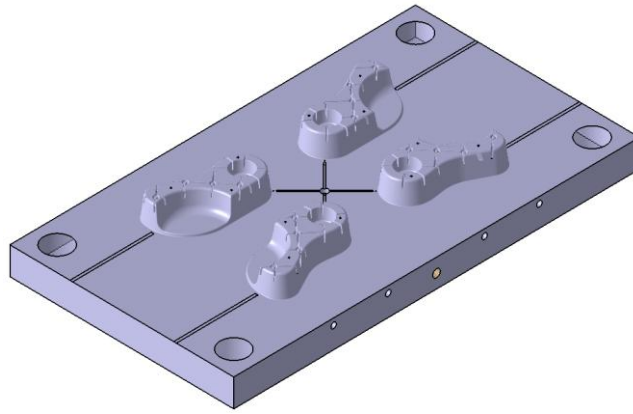


Figura 43. Cavitat part mòbil

I en aquesta figura es pot veure la part fixa de la cavitat que representa l'exterior de la peça:

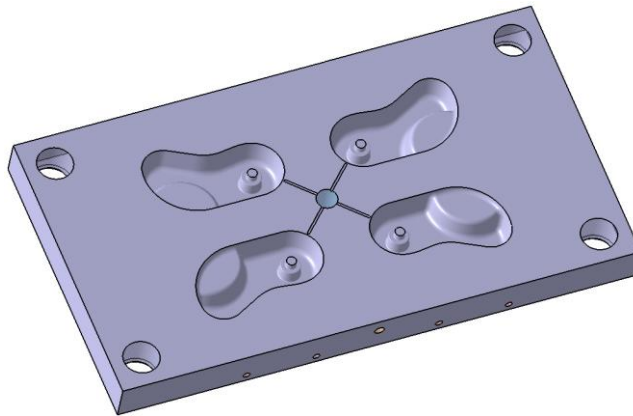


Figura 44. Cavitat part fixa

7.3. Sortida de gasos

Tot i que no és un element constructiu del motlle, es necessari de disposar de sortides pels gasos que es creen a l'hora d'injectar el material a dins de la cavitat. Aquests gasos es concentren entre l'avanç de la massa fosa i les parets de la cavitat, i normalment apareixen en els extrems més allunyats del punt d'injecció pel que la seva disposició serà al costat oposat d'aquest.

Es mecanitzarà un rebaix de 3 mm de gruix per 0,03 mm d'alçada per a que es puguin escapar els gasos però que no es perdi material per aquests conductes, i se'n farà un per a cada peça com es pot veure en la següent figura.

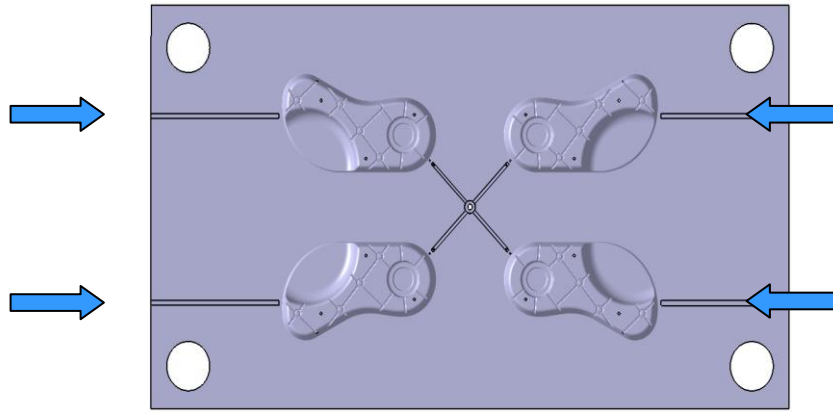


Figura 45. Sortida de gasos

7.4. Refrigeració

Com s'ha vist en l'apartat de refrigeració, els motlle que treballen entre 50°C i 60°C fan servir aigua i com en aquest cas es treballa amb el material ABS es farà servir aigua com a líquid refrigerant per al motlle. S'escull un sistema de refrigeració en sèrie ja que garanteix les mateixes condicions per a tots els canals i el risc d'obturgació és petit. Es fa el mateix disseny tant per la part fixa com la mòbil del motlle.

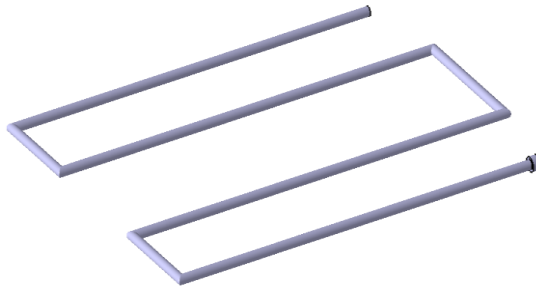


Figura 46. Canal de refrigeració

7.5. Canal de colada

El canal de colada és aquell que connecta la boca de la màquina d'injecció amb la peça, dividint-se en l'entrada i el posterior canal que condueix el material. Per a fer la injecció del plàstic ABS en el motlle hi ha dues possibilitats: canal calent o fred. El primer d'ells ofereix molt bones prestacions en quan els resultats de qualitat de les peces i el control de la injecció per mitjà d'injectors per a cada una de les cavitats, i és ideal per a peces amb un gruix elevat i amb geometries complicades que fan que el recorregut del polímer pel seu interior s'hagi de controlar; a més els temps de cicle són més reduïts que en l'altre cas, ja que el sistema de colada no solidifica. S'ha de tenir en compte que aquests sistemes són més cars i complexes

pel que requereixen una forta inversió, a més d'un posterior control per a que tot vagi correcte i no es facin malbé, a més, existeixen moltes zones on el material pot quedar atrapat, el que dona problemes durant canvis de color o de tipus de material degut a que és molt complicat d'eliminar les restes del material utilitzat prèviament. En aquest cas, que és un motlle petit i amb una sèrie de peces de 300000 unitats i una geometria no molt complicada, s'opta per la opció de canal fred que es més econòmic i també ens aportarà una bona qualitat final de producte.

El canal de colada s'ha de dimensionar tenint en compte les característiques del material utilitzat ja que no tenen la mateixa fluència tots els polímers i alguns requereixen un diàmetre més gran que els altres. En l'accés del canal de colada a la peça s'opta per comportes laterals, ja que és el tipus més comú que es fa servir per als motlles amb més d'una cavitat. El canal de colada ha de mantenir una proporció balancejada, per a tenir una distribució uniforme a través del sistema i que el polímer fos arribi a cada una de les peces en el mateix temps i no es presentin diferències; si no és així, poden donar lloc a peces de qualitat diferents ja que la pressió no és la mateixa. Els canals de colada, que connecten l'entrada del material amb la peça, es dimensionen amb una forma cilíndrica per a millorar el pas del material ja que amb una forma més quadrada el rendiment seria molt pitjor i el més curt possibles, per a reduir al màxim la pèrdua de pressió i sense cap canvi de direcció per evitar perdre eficiència. El diàmetre seleccionat pel canal és de 2 mm en funció de la longitud d'aquest, com s'ha vist en la taula del capítol del sistema d'alimentació.

Pel que fa al tipus d'atac a la peça, s'ha escollit una entrada submarina ja que no podem fer-ho a la part vista, part fixa del motlle, ja que deixaria una marca no apta per al departament de qualitat i el consumidor. Tenint en compte aquest condicionant, s'ha d'atacar pel costat mòbil, i com la majoria dels tipus que permeten això requereixen de treballs posteriors sobre la peça per separar-la dels canals de colada i treure qualsevol marca, es tria la colada submarina ja que evita aquest treball posterior ja que el sistema mateix separa les peces de la colada. L'entrada submarina s'utilitza en la construcció de motlles de dues plaques, consisteix en un túnel cònic des del final del canal fins a la cavitat del motlle. Es situa casi sempre en la placa mòbil, però també es possible col·locar en la placa fixa. L'alimentació es realitza a través de superfícies perpendiculars al pla del motlle, i la curvatura també permet l'entrada del material a injectar per la part inferior de superfícies paral·leles a aquest pla. Aquest tipus d'entrada es separa automàticament de la colada durant el procés d'expulsió i deixa marques d'entrada relativament suaus. L'entrada s'ha de situar en un lloc on hi hagi el gruix més gran de la peça

perquè flueixi de la millor manera, per això es tria la part inferior de la paret que té un gruix de 2,5 mm i es fa un canal en forma de X per a repartir de manera uniforme l'entrada de material i que no hagin pèrdues per canvis de direcció.

El disseny del primer tram del canal de colada es fa en funció del material a injectar i també de les dimensions que tenim del motlle, així es tria un diàmetre de 2,5 mm en l'orifici d'entrada del material al motlle, pel que la boca de la màquina haurà de ser igual o una mica més petit. Es disposa d'un angle de sortida de $1,5^\circ$ per a poder extreure el canal de colada, una longitud de 75 mm i un diàmetre del pou fred, part inferior del canal, de 4 mm.

En les següents figures es pot veure en detall la distribució del canal de colada i la forma de l'atac submarí a la peça.

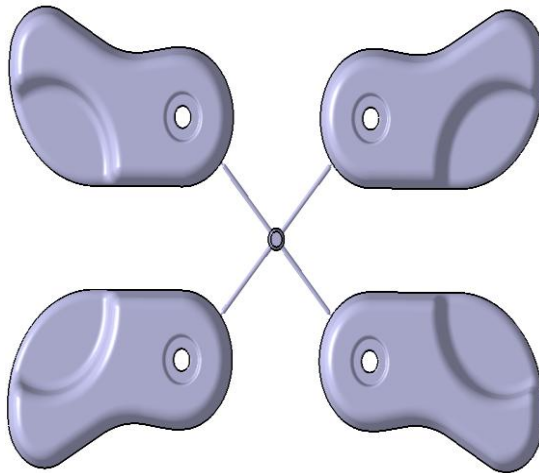


Figura 47. Canal de colada

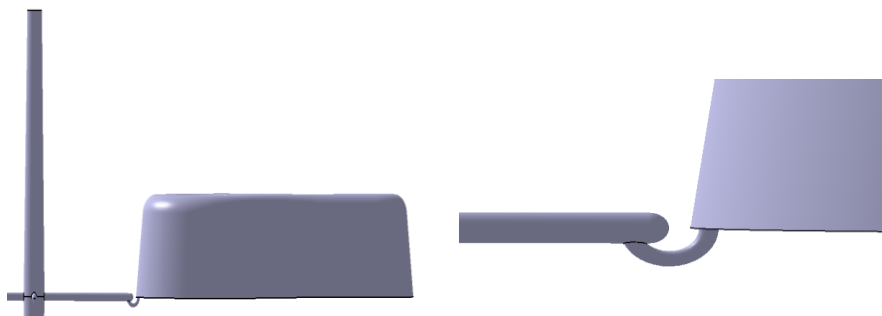


Figura 48. Entrada submarina

7.6. Costat d'injecció

És el costat que es situa en la part superior del motlle, està en contacte amb la màquina d'injecció i és solidari amb la part fixa de la màquina. La seva funció principal és la de proporcionar els elements necessaris per a la connexió entre la màquina d'injecció i el motlle, encabir el sistema d'injecció, i la placa amb les figures per a representar la peça.

Els components que conformen aquest costat són:

- Disc centrador
- Placa base d'injecció
- Placa porta figura
- Maneguet del canal de colada

A continuació es mostra el costat d'injecció:

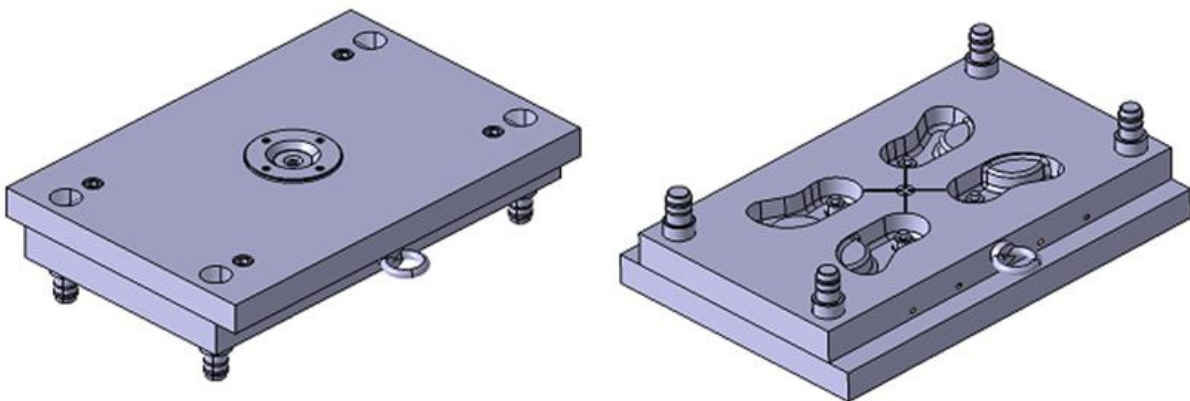


Figura 49. Costat injecció

7.6.1. Disc centrador

El disc centrador permet allotjar la boca de la màquina d'injecció per una banda i per l'altra el maneguet que connecta l'entrada del material amb el canal de colada. Disposa de quatre forats on es disposaran els cargols que uneixen el disc amb la placa fixa. S'ha triat un disc centrador de la marca *HASCO* amb la denominació K100 9x8 mm.

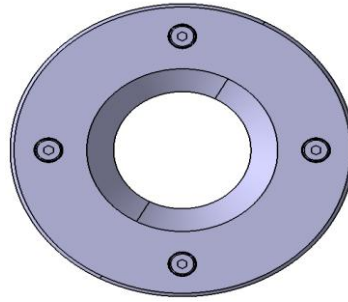


Figura 50. Disc centrador

7.6.2. Placa base d'injecció

És la placa que fixa tot el costat d'injecció mitjançant uns cargols fixats a la placa porta figura i que també, subjecta el costat d'injecció del motlle a la màquina d'injecció. Es parteix d'una placa pre-mecanitzada de la marca *HASCO* a la que se li realitzen els forats per al pas dels cargols de fixació del costat d'injecció i el disc centrador, a més de l'espai necessari per a poder encabir el maneguet del canal de colada. Aquestes plaques disposen també dels passos per a les guies del motlle i de l'espai per al disc centrador.

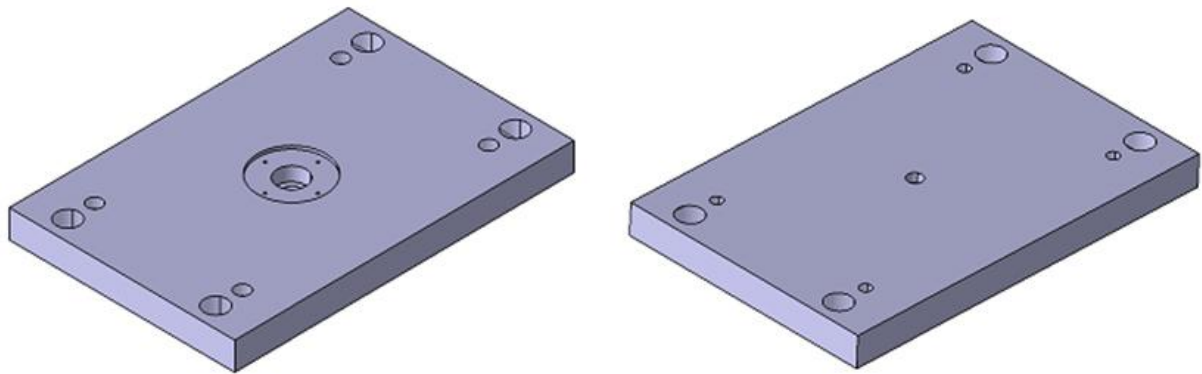


Figura 51. Placa base d'injecció

7.6.3. Placa porta figura costat injecció

És la placa responsable d'allotjar el costat fix de la cavitat, és a dir, la part externa de la peça. Disposa, a la cara superior, dels forats roscats necessaris per a fixar la placa base d'injecció. Als costats laterals se li fan els forats d'entrada de l'aigua de refrigeració així com els conductes que travessen la placa per a circular el líquid i també el forat roscat per a poder disposar l'armella que servirà pel transport del motlle a dins de la fabrica. Com es pot veure en la figura següent, a més de fer les quatre cavitats que conformen el motlle, es mecanitzen també els canals de colada que connecten el maneguet amb cada una de les cavitats.

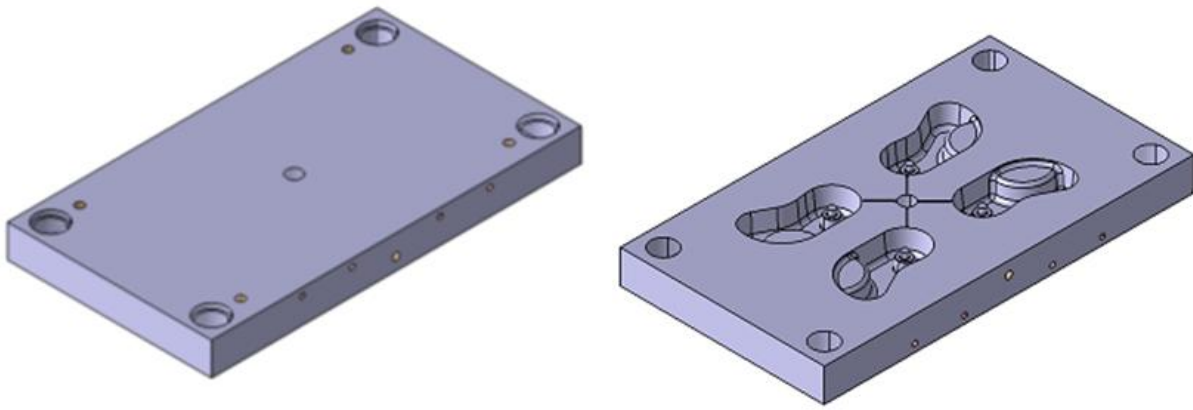


Figura 52. Placa porta figura costat injecció

7.6.4. Maneguet

És la peça que ha de connectar la màquina d'injecció amb el canal de colada, i s'ha de poder extreure i reemplaçar per un altre en cas de desgast d'aquest. Es tria un model normalitzat de la marca *HASCO* que s'haurà de mecanitzar posteriorment per a fer el conducte on quedarà la massalota i amb un angle de $1,5^\circ$ per a poder ser extret.

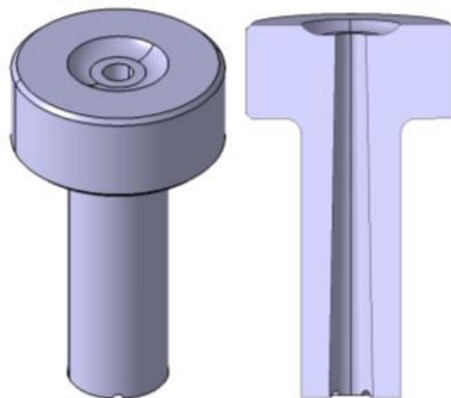


Figura 53. Maneguet canal de colada

7.7. Costat d'expulsió

El costat d'expulsió és aquell que es troba solidari amb la part mòbil de la màquina d'injecció. Està format pels elements necessaris per a reproduir la part anomenada nucli, la refrigeració i el sistema encarregat d'expulsar la peça un cop s'ha solidificat. També ha de disposar de l'espai suficient per a la seva fixació al plat de la màquina i per a allotjar el boló d'expulsió.

Els elements que componen el costat d'expulsió són:

- Placa base d'expulsió
- Placa intermèdia
- Placa porta figura costat expulsió

- Placa límit expulsors
- Placa porta expulsors
- Expulsors

En la següent figura és pot veure el conjunt mòbil del motlle:

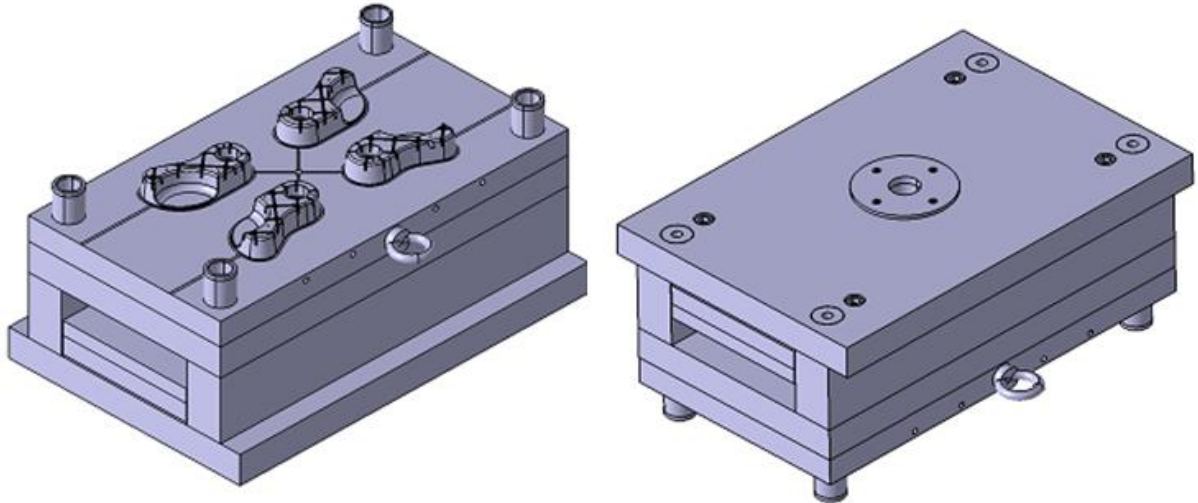


Figura 54. Costat d'injecció

7.7.1. Càlcul del recorregut necessari d'expulsió

Per a realitzar el càlcul del recorregut necessari per a poder expulsar la peça s'han de tenir en compte diversos factors de construcció, tot i que el més restrictiu és l'alçada de la peça. El recorregut d'expulsió és la carrera necessària per a poder expulsar completament la peça de la cavitat un cop s'ha solidificat. La mínima distància que s'ha de complir per a expulsar de manera correcta és l'alçada de la peça que és de 22,59 mm.

En les dues figures següents es pot veure la distància necessària d'expulsió per l'alçada de la peça i el recorregut que tenen les plaques expulsors, que és de 34 mm.

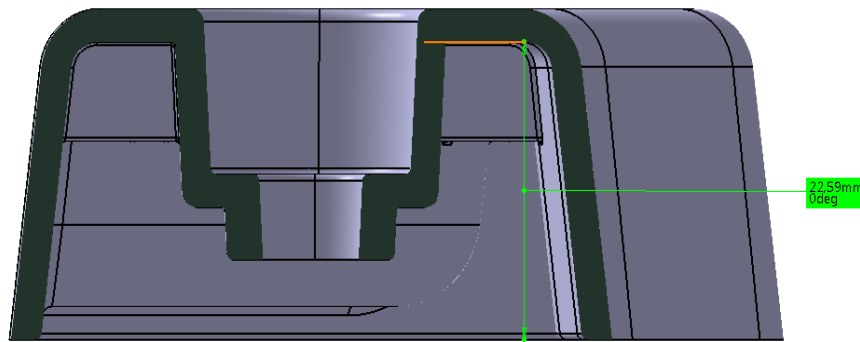


Figura 55. Alçada interior peça

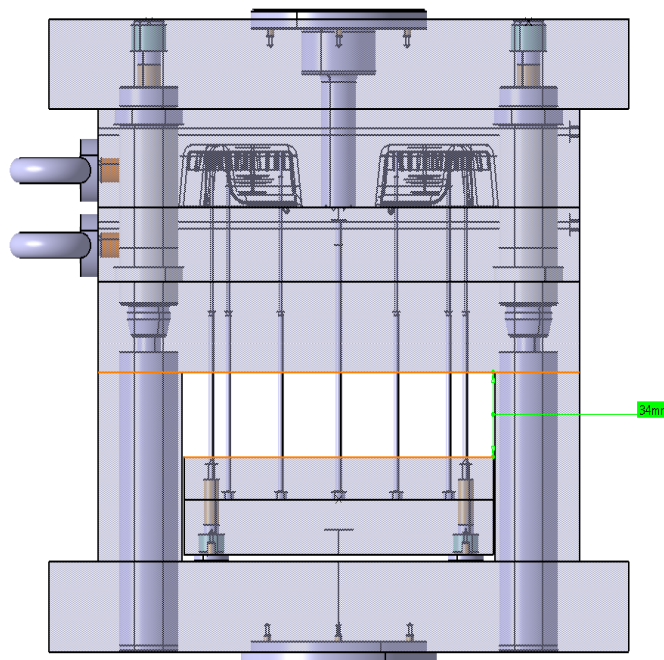


Figura 56. Recorregut grup expulsor

Amb aquesta distància de recorregut del sistema d'expulsió es garanteix que es podrà completar la distància necessària per a que caigui la peça una vegada s'ha acabat de refredar i s'extreu del motlle.

7.7.2. Placa base d'expulsió

És la placa situada a la base del motlle, té la funció d'unir les parts mòbils del motlle i de la màquina d'injecció per a que es moguin com a una sola. S'escull una placa normalitzada de la casa *HASCO* amb els forats per a les columnes guies i els cargols d'unió amb els regles i la placa intermèdia. S'hi han de realitzar els quatre forats roscats per a poder subjectar el disc centrador inferior a més d'un altre passat al centre de la placa per al boló de la màquina d'injecció, que forma part del sistema d'expulsió.

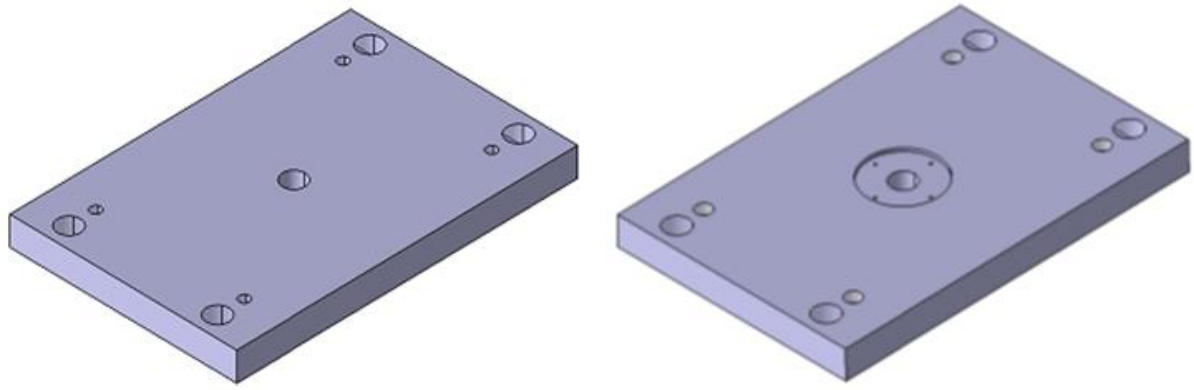


Figura 57. Placa base costat d'expulsió

7.7.3. Regles

Són els elements que separen la placa base d'expulsió i la placa intermèdia, la seva alçada correspon a l'espai disponible per encabir el sistema d'expulsió del motlle, format per la placa límit expulsors, i la porta expulsors i al recorregut màxim que podrà tenir aquest sistema. Es tria un element normalitzat del proveïdor HASCO. Disposa de dos forats passants dissenyats per allotjar les columnes d'obertura i tancament del motlle, a més de dos forats passants per als cargols que uneixen la placa base, els regles, la placa intermèdia i la placa amb la figura.

7.7.4. Placa intermèdia

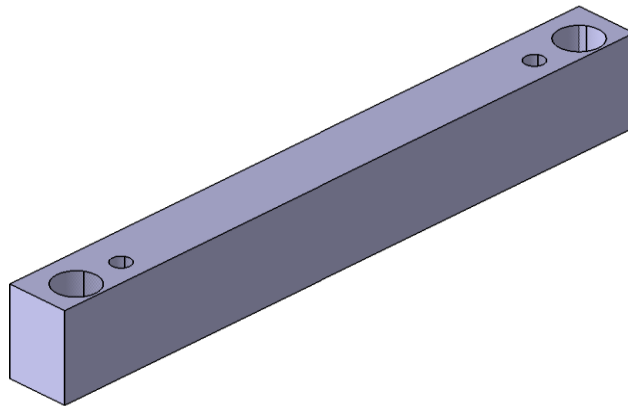


Figura 58. Regle

És un element que es situa entre els regles i la placa porta figura del costat d'expulsió per evitar el contacte del grup expulsor amb aquesta placa ja que és més delicada per tot el sistema de refrigeració. S'escull una placa normalitzada del proveïdor *HASCO* que disposa dels allotjaments necessaris per a les columnes del motlle i els cargols d'unió de tot el grup. A més se li realitzen els forats necessaris per a que els expulsors puguin arribar a la figura.

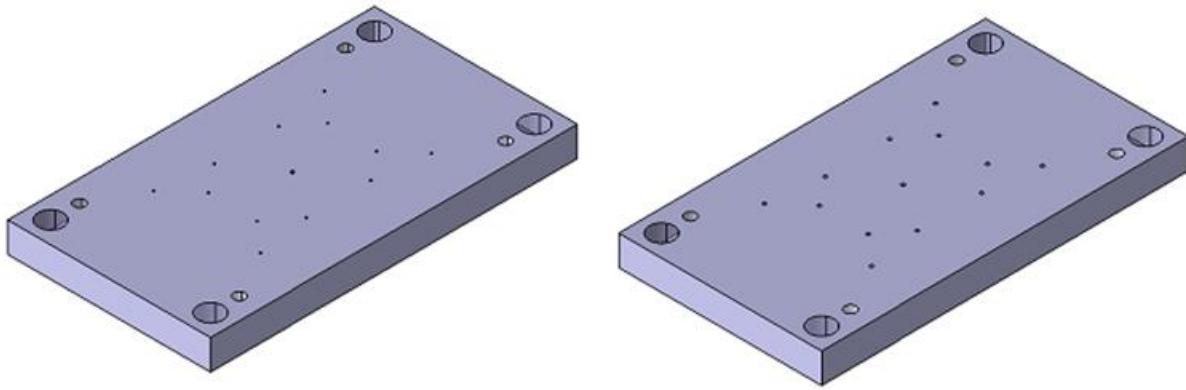


Figura 59. Placa intermèdia

7.7.5. Placa porta figura costat expulsió

És la placa amb la figura de la peça, representa la part no vista d'aquesta. Com la placa del costat d'injecció, s'escull una placa normalitzada del grup HASCO amb un material de més qualitat que les altres plaques del motlle ja que ha de patir temperatures més elevades i moltes injeccions. Disposa dels forats per a les columnes de guiatge i els cargols d'unió del grup expulsors. Es mecanitzen tant la figura a injectar, com els forats per als expulsors, els canals de colada, la sortida de gasos, els forats passants per a la refrigeració i la rosca de l'armella als laterals de la placa.

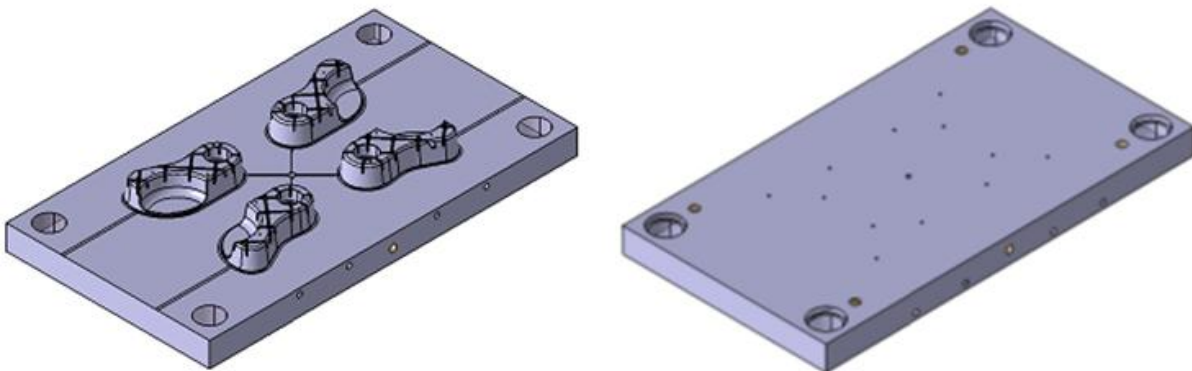


Figura 60. Placa porta figura costat expulsió

7.7.6. Placa límit expulsors

Placa normalitzada de la marca *HASCO* que té la finalitat d'actuar com a límit per als expulsors fixats en la placa porta expulsors i de rebre la connexió del sistema d'expulsió de la màquina per mitja de la rosca del boló. També disposa de quatre forats roscats per als pins que fan de límit amb la placa base del costat d'expulsió, i d'uns altre quatre forats passants per als cargols que uneixen les dues plaques del sistema d'expulsió.

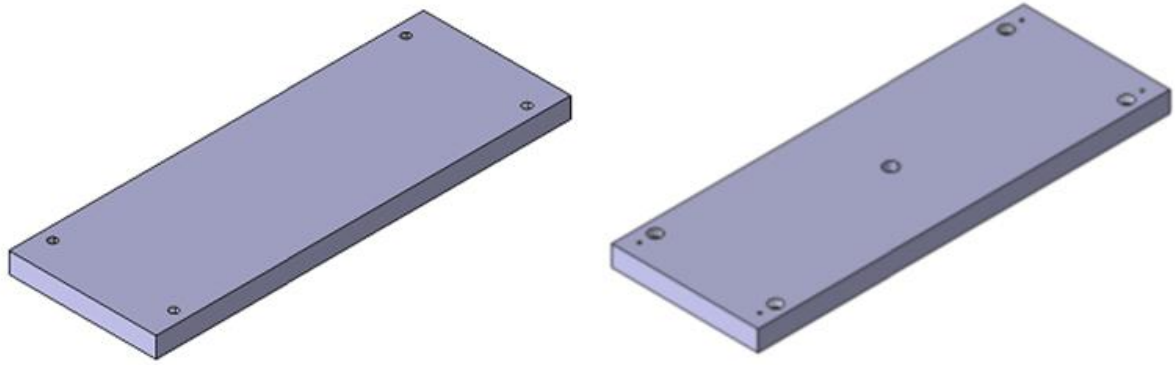


Figura 61. Placa límit expulsors

7.7.7. Placa porta expulsors

Placa normalitzada del proveïdor HASCO que té com a finalitzat allotjar i fixar els expulsors amb les quatre rosques per als cargols que uneixen les dues plaques. S'hi mecanitzen els dotze forats necessaris per allotjar els caps dels expulsors i part del seu cos.

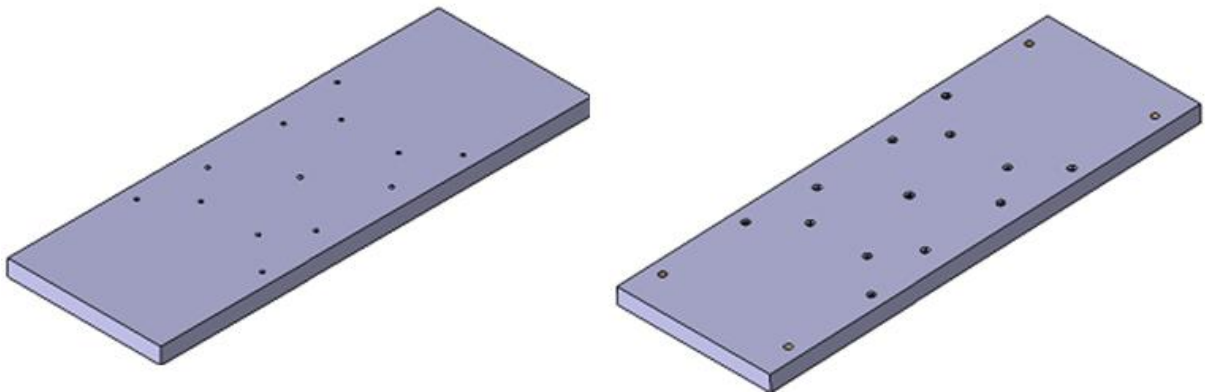


Figura 62. Placa porta expulsors

7.7.8. Expulsors

Per a l'extracció de la figura s'han disposat de tres expulsors per a cada una d'elles amb un diàmetre de 1,5 mm que actuaran sobre la cara interior de la peça i un altre, de 3,5 mm per a expulsar el pou fred del canal de colada. Tots els expulsors seleccionats són de la casa HASCO. La mesura de longitud dels expulsors s'ajusta a les necessitats del motlle. S'ha de tenir en compte a l'hora de situar els expulsors que deixen una marca pel que van a la part interior de la peça, i separats el màxim possible per evitar que es doblegui al treure-la.

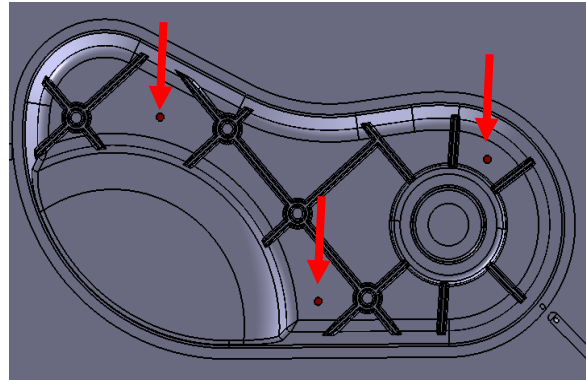


Figura 63. Expulsors en la peça

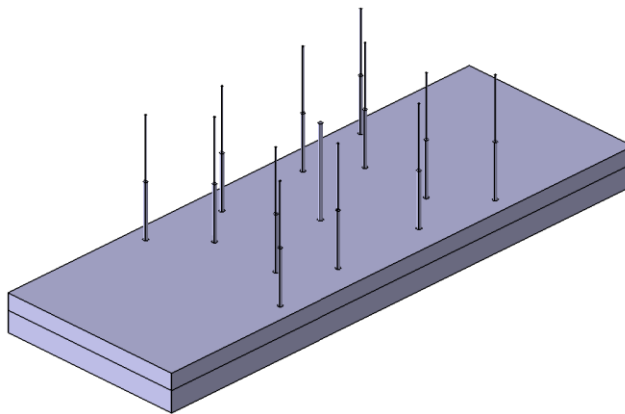


Figura 64. Distribució d'expulsors a les plaques

7.8. Elements auxiliars

En aquest apartat s'engloben aquells elements que són necessaris per a unir totes les plaques, i per al funcionament i la manipulació del conjunt.

7.8.1. Elements roscats

Per a la fixació i centrament dels diferents elements del motlle s'utilitzen cargols normalitzats. Dintre de tots els que s'utilitzen, els podem agrupar de la següent manera:

- Quatre cargols amb cap buit M4x8mm segons norma DIN 7991 per unir el disc centrador superior amb la placa base del costat d'injecció del motlle.
- Quatre cargols amb cap buit M4x8mm segons norma DIN 7991 per unir el disc centrador inferior amb la placa base del costat d'expulsió del motlle.
- Quatre cargols amb cap buit M12x35mm segons norma DIN 912 per unir la placa base

del costat d'injecció i la placa porta figura.

- Quatre cargols amb cap buit M12x150mm segons norma DIN 912 per unir la placa base del costat d'expulsió, els regles, la placa intermèdia i la placa porta figura del costat d'expulsió.
- Quatre cargols amb cap buit M8x22mm segons norma DIN 912 per unir la placa límit dels expulsors i la placa porta expulsors.
- Quatre cargols Allen amb cap cilíndric M4x8mm segons norma DIN 7984 per a posar les volanderes que fan de frontera entre la placa límit dels expulsors i la placa base del costat d'expulsió.

7.8.2. Sistema de guiatge

El motlle, ja instal·lat en la màquina d'injecció, està guiat en el seu moviment per la pròpia màquina. Per aconseguir la màxima precisió i evitar desperfectes, els motlles necessiten elements de centrat i guies interiors.

Els motlles petits i que a més, són plans, utilitzen eixos guia. Es tracta de bolons que sobresurten de la part fixa del motlle quan aquest està obert, i quan es tanca, s'introdueixen amb un bon ajust en els orificis del coixinet i la mànega, fets d'acer trempat i situats a la part mòbil del motlle. Així es garanteix una posició relativa permanent i exacte de les dues superfícies externes durant el procés d'injecció.

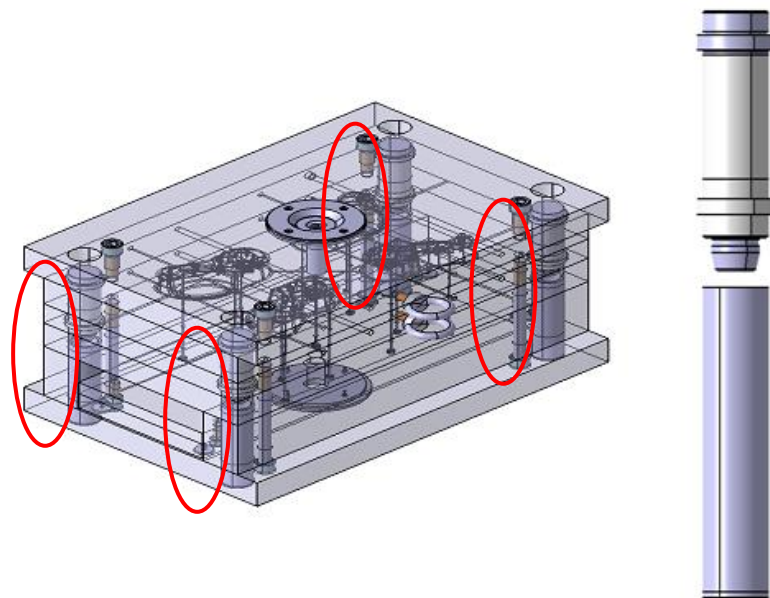


Figura 65. Sistema de guiatge del motlle

7.8.4. Armelles

Per a poder manipular i transportar el motlle amb una grua, es requereix de col·locar dues armelles, una per a cada costat del motlle, fixa i mòbil. S'han seleccionat armelles de M10 amb una màxima força de 230 kg ja que el pes de la part d'injecció seria de casi 100 kg i el costat d'expulsió de 150 kg. Ambdues es posen a les plaques porta figura de cada un dels costats ja que cada una de les dues parts del motlle ja està unida amb la resta de plaques per mitjà dels cargols que s'han comentat anteriorment.

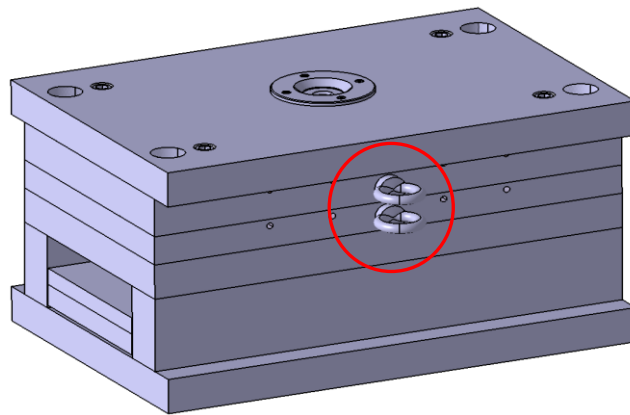


Figura 66. Armelles

7.9. Recobriment

És un procés que consisteix en la aplicació d'un producte químic en estat líquid, sòlid o gas a una o varies superfícies del motlle. La seva finalitat es obtenir unes característiques específiques que són d'utilitat per a la injecció de plàstic com ara: antiadherència i despulla, baix coeficient de fricció, resistència a la corrosió i abrasió, augment de la duresa superficial, etc. Hi ha dos sistemes per a l'aplicació dels recobriments en les peces:

- PVD (*Physical Vapour Deposition*): capes fines de dos micres d'espessor. És una tècnica mediambientalment neta. Es poden utilitzar dos tècniques:
 - o Evaporació per arc elèctric: és una tècnica versàtil i d'alt rendiment, forma capes dures i ben adherides.
 - o Polvorització: tècnica avançada ideal per recobriments amb baixa rugositat.
- CVD (*Chemical Vapour Deposition*): deposició de metalls en fase vapor obtingut en buit mitjançant arc elèctric i plasma amb gasos reactius. Es pot aplicar a acers d'alt i mig aliatge i a acers ràpids. Requereix un espessor de capa major, més rugositat que exigeix un polit posterior.

Per al recobriments del motlle, es farà servir nitrur de crom (CrN), que és un tipus de recobriments PVD, amb una bona combinació de propietats de resistència al desgast i a la corrosió i baixa adherència. És de color metàl·lic, i amb un espessor de 2 micres obtenim una capa dura de fins a 2200 HV (84HRc).

Les peces seleccionades per a l'aplicació del recobriments són les implicades en la reproducció de la peça, la cavitat i el nucli ja que estaran en contacte amb el plàstic, i són les més susceptibles de patir un desgast. Una altra raó per a fer el recobriments, és disposar de antiadherència ja que la peça es pot quedar atrapada al nucli.

7.10. Possibles màquines a utilitzar

Com a màquines capaces s'entén aquelles màquines que puguin processar la peça en les condicions del motlle. La màquina ha de tenir les següents característiques:

- Força de tancament: 50,79 T
- Volum d'injecció: 120,48 cm³
- Capacitat de plastificació: 10,91 g/s
- Pressió injecció: 68,94 MPa/ 703 bar

Aquests seran els valors mínims requerits que ha de complir la màquina per a poder injectar la peça. A part d'aquests requeriments tècnics, també n'hi ha de dimensionals. És possible que donades les dimensions del motlle, es necessiti una màquina amb unes característiques de procés més altes de les que es requereixen, pel que s'escollirien els paràmetres més restrictius.

Les mesures del motlle dissenyat són les següents:

Característica	Magnitud	Valor
Ample	mm	446
Alçada	mm	296
Gruix	mm	253,2
Obertura necessària	mm	40
Carrera expulsió	mm	34

Taula 8. Característiques màquines

L'ample es refereix a la dimensió del motlle que haurà de passar entre les columnes de la màquina quan el motlle s'introdueixi a dins de la màquina suspès per mitjà de les armelles. L'alçada del motlle és la dimensió de l'eix perpendicular a l'eix d'injecció de la màquina. El gruix correspon a la dimensió del motlle entre les dues plaques base. Tenint en compte totes aquestes característiques, s'ha realitzat una recerca en el mercat de màquines que podrien

servir per a injectar la peça. A continuació es presenta algun exemple de màquines que complirien:

- MATEU SOLE, Meteor 125 H
- MILACRON K-tec 155S

7.11. Muntatge i ajust del motlle

Per a poder muntar el motlle es necessiten, a part dels components mencionats anteriorment, un banc de treball, eines per al muntatge i una grua per al seu transport a l'interior del taller o fàbrica. Entre les eines requerides trobem:

- Joc de claus Allen.
- Joc de claus fixes.
- Punxons per a introduir o extreure passadors, taps, etc.
- Massa per ajustar peces que han d'entrar en altres, el més recomanable és que aquesta sigui d'un material que no faci malbé el motlle com ara el Nylon.
- Banc de treball.
- Grua de transport.

Durant la manipulació del motlle els operaris han de disposar dels elements de protecció individual necessaris (EPI's), que són:

- Ulleres de protecció.
- Botes de seguretat.
- Faixa.
- Guants de protecció.
- Protecció auditiva.

Per a fer l'ajust del motlle, es necessiten els tres elements següents:

- Premsa: necessari per a poder tancar el motlle en les condicions similars a les que ho faria en la màquina d'injecció.
- Blau de prusia: és una pasta blava utilitzada principalment per a verificar i ajustar motlles i matrius.
- Joc de llims: per a fer els ajustos necessaris, eliminant petites porcions de material.

El mètode consisteix en muntar primer el motlle sobre la premsa, es separen les dues meitats del motlle i s'aplica en una superfície de referència una fina capa de la pasta i, quan fa

contacte amb l'altra superfície, aquesta es marca de color blau, indicant les possibles irregularitats. Finalment es poleixen les zones marcades de color blau fins que, al fer novament el procediment inicial, la superfície a verificar resulta uniformement pintada de blau en la seva totalitat.

Si es donés el cas que desafortunadament, la falta d'ajust es deguda a una falta de material, es pot utilitzar una màquina de soldadura, tot i que es una pràctica poc aconsellable, però és apte si es una zona de poca importància. En la següent imatge es pot veure un exemple d'aplicació d'aquesta pasta en un motlle d'injecció:



Figura 67. Aplicació blau de prusia

Una vegada s'han fet tots els ajustos, es posa el motlle en la màquina d'injecció i comencen a fer-se les primers injeccions per a veure els resultats de les peces, quina qualitat tenen. Els problemes més freqüents amb els que es poden trobar són:

- Zones cremades per una temperatura massa elevada del motlle en alguna zona degut a una refrigeració no òptima.
- Marques dels expulsors que traspassen la peça i queden marcades a la cara vista, degut a una pressió insuficient.
- Deformació de la peça en algunes zones degut a un temps de refrigeració insuficient.

Tots aquests defectes que poden aparèixer en les primeres injeccions s'han d'anar solucionant a través de petits ajustos en la pressió d'injecció, temperatures i temps de cicle total. Un cop s'han solucionat i comencen les primeres mostres de peces injectades amb la qualitat desitjada, se'n guarden les primeres mostres per anar comparant la resta de injeccions amb aquesta, ja que les posteriors van perdent qualitat i es possible que s'hagi d'ajustar més vegades el motlle.

8. Pla general d'activitats en automoció

8.1. Enginyeria simultània

Actualment els projectes d'automoció tenen una duració entre trenta-sis i quaranta-vuit mesos tot i que cada cop es va retallant més gràcies a l'aplicació de l'enginyeria simultània, on els proveïdors deixen de ser només fabricants de peces sota pla del fabricant del vehicle, i es converteixen en socis del procés de I+D i subministradors de sistemes complets. Aquest sistema, integra als proveïdors amb capacitat pròpia de I+D+i i al fabricant del vehicle des del inici del projecte i solapa les etapes de desenvolupament per a retallar el temps fins a la SOP (*Start Of Production*), amb l'objectiu d'oferir nous models d'automòbil, d'acord als desitjos dels clients, en el menor temps possible.

Aquesta participació del proveïdors des d'una etapa tant inicial implica un compromís més gran d'aquest amb el producte:

- Compromís amb el producte.
- Compromís amb el cost.
- Compromís amb la inversió.
- Capacitat per part dels proveïdors en la innovació i desenvolupament dels productes i processos. Adaptabilitat als canvis i en la introducció de noves tecnologies i procediments, com pot ser per exemple la simulació CAE.

En el model antic, les àrees internes de producció i els proveïdors són simples fabricants de peces, amb més d'un per peça i no hi ha cap mena de compenetració i compromís; el fabricant del cotxe, ha de tenir molta capacitat de disseny i desenvolupament, sent expert en totes les tecnologies involucrades en el cotxe. Tot això fa que les dates s'allarguin i que en el conjunt final del vehicle puguin aparèixer errors vinculats a la desinformació de les diferents parts involucrades.

Amb aquest nou sistema el fabricant es concentra en la I+D del conjunt del vehicle i en la preparació de la seva industrialització, el proveïdor és plenament responsable de la I+D dels sistemes i components. Rep dissenys d'avantprojecte i requeriments de duració, funcionalitat i qualitat. Ha de dissenyar, subministrar i assajar les peces de prova de producció. Per tot això,

ha de tenir “*know how*” i recursos de I+D propis per a ser proveïdor de desenvolupament i subministrar les peces de prova i la sèrie.

8.2. Master plan

En el món de l'automoció, el pla general d'activitats es representa en un gràfic conegut com a *master plan* com el que es pot veure a continuació:

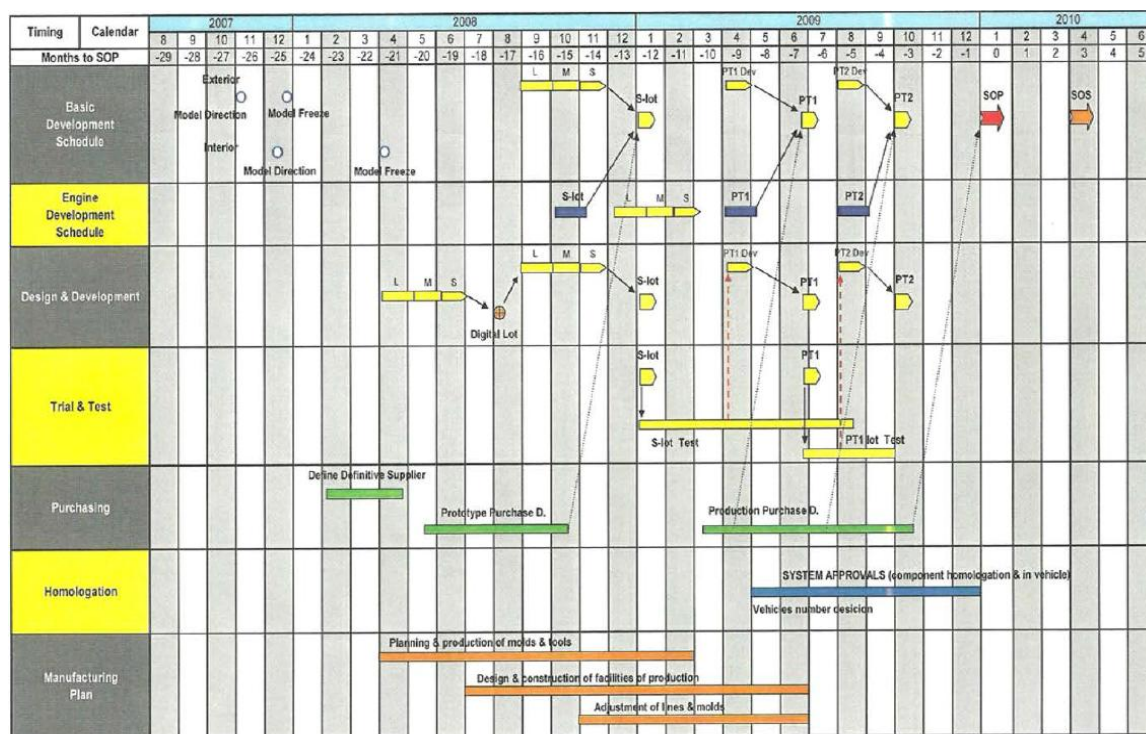


Figura 68. Master plan

A continuació es definiran les diferents etapes que engloben el *master plan* i els seus objectius, estan ordenades temporalment tenint en compte que la SOP és el mes zero, és a dir, es miren els mesos que resten per arribar a la data de començament de fabricació del cotxe:

- *Produktmission* (PK) (-48M): en aquesta etapa inicial es donen les primeres pinzellades sobre el preu objectiu que tindrà el vehicle, quina estratègia financera es seguirà i quines tecnologies de producció es volen fer servir.
- *Produktdefinition* (PD) (-42M): posicionament del disseny del vehicle, primeres idees. S'estableix un preu objectiu, sobre quina gamma de vehicle es treballarà i quin serà el volum de producció; també es tracten temes logístics i de qualitat.
- Factibilitat del projecte (PF) (-39M): estudi de la viabilitat del projecte, és a dir, s'estudia si la sortida del vehicle al mercat tindrà una bona acceptació pel client i si tot

el cost de disseny, producció i màrqueting necessari es recuperarà o quin tipus de risc existeix de que no es produeixin les ventes esperades. Es realitza un esbós tècnic, una possible llista de peces del cotxe, s'aprova el *master plan* amb les dates estipulades fins a la SOP, es fa una selecció del disseny que tindrà el vehicle i es congela el *package*, que inclou distàncies, ergonomia i peces principals. També es realitzen les premisses sobre possibles variants que es puguin fer del cotxe.

- *Konzeptenscheid* (-33M): fase de concepte del vehicle. S'estableixen les prioritats dels components segons el temps de producció que requereix el motlle o matriu (1, 2 o 3); com a més prioritat tingui un component, més temps abans es comença amb la fabricació dels útils que es requereixen per a la seva industrialització. Es fa un estudi del muntatge del vehicle i la conformitat del departament de qualitat.
- *Design- Entscheid* (DE) (-27M): començament de la P-freigabe, es comença a desenvolupar les peces. Es creen el quadern de càrrega del projecte, els primers *Clay*, que són models del cotxe fets amb argila, i es realitzen les primeres proves amb els prototips de diferents peces. Es mira també si és possible de fabricar les peces, tot i que no s'apliquen encara els angles de sortida de motlle, és una primera idea de la seva industrialització.
- *Design-Freeze* (DF) (-23M): fi de la P-freigabe, peces funcionals que es poden fabricar, es fan prototips. En aquesta etapa el disseny del vehicle queda congelat, pel que no hauria de tenir més canvis importants en el futur, o cap canvi. Es realitza un segon *Clay* per a que els directius puguin veure en una escala 1:1 el cotxe i la *Konzeptfakom* on ja incorpora color, tacte i un acabat de les peces per a poder tenir una primera idea de com serà el vehicle com si estigués acabat. En aquesta etapa es realitza el RFQ (*Request for Quotation*), que seria una crida a proveïdors amb el producte que es vol realitzar, i aquests contesten amb les seves especificacions i preus; això es pot arribar a allargar uns sis mesos depenen del nombre de possibles proveïdors i les exigències del fabricant. En aquest moment el departament de compres comença a fer les previsions dels materials que seran necessaris i pot començar a fer ordres de compra per a preparar la industrialització del vehicle. El pagament als proveïdors es pot realitzar de les següents formes:
 - Es paga el desenvolupament directament previ acord sobre el cost.

- S'inclou en el preu de les peces prototip
- S'inclou en el preu de la peça sèrie.
- *Beschaffungs- Freigabe* (BF) (-18M): en aquest moment es realitza la primera alliberació de la peça per a que els proveïdors puguin començar a treballar en la construcció dels motlles, que es pot allargar durant unes catorze setmanes. Per a que les peces puguin ser fabricades, després de que hagin sortit les primeres del motlle, es realitzen una sèrie de proves (Tests BMG) que es valoren amb Nota 1 i 3, són la validació d'enginyeria; la Nota 3 exigeix que la peça compleixi requeriments de material, funció i geometria, i la Nota 1, que requereix tenir aprovada l'anterior, exigeix sobre el procés de fabricació (97% de les peces han de ser bones, sense defectes). Per a que una peça es fabriqui, haurà d'haver aprovat les dues. Aquestes proves es poden allargar fins a quasi tres mesos abans del SOP, pel que són paral·leles a altres fases del *master plan*. De manera paral·lela també es realitzen els test de *cubing*, en els que es comproven les franquícies i validacions geomètriques.
- *Lauch- Freigabe* (LF) (-12M): tancament total de la B-Freigabe. Un cop alliberades les peces en l'etapa anterior, en aquesta es tracta de verificar els angles de sortida del motlle de les peces per a que no es faci malbé la peça quan es faci l'extracció, el gruix per a que no apareguin sobre gruixos de material que provoquen deformacions de la peça i les propietats finals de la peça.
- *Vorserie Freigabe* (VFF) (-8M): es comencen a realitzar proves pilot en planta dels primers cotxes per a comprovar que el procés és el correcte i s'obté un producte amb la qualitat desitjada.
- *Produktions Versuchs Serie* (-6M): es fan proves en planta. La nota 3 i BMG finalitzen poc després i van a la par.
- *Null Serie* (OS) (-3M): últimes modificacions en el motlle, si el procés de fabricació és correcte es dona la nota 1. Es realitzen les primeres pre-series, de vint vehicles al dia i es fan les fotografies i anuncis amb aquests primers models del vehicle. De manera paral·lela el vehicle ha de passar totes les proves d'homologació preestablertes per la normativa vigent.
- *Start of production* (SOP) (0M): cotxes per a series, producció i distribució als

diferents concessionaris per a vendre. S'envien cotxes a les diferents fires automobilístiques i els esdeveniments de premsa per a presentar en societat el producte i que arribi al consumidor.

- *Markteinführung* (ME) (+3M): els cotxes arriben a tots els concessionaris i es comença amb la seva venda al públic.
- End of production (EOP) (+8 anys): es deixa de produir el vehicle després de fer-se diferents re-styling per a relançar el producte al mercat i incrementar les seves ventes.

8.3. Cas del motlle

En el cas de la fabricació d'un motlle per part d'un TIER 1, que és un proveïdor d'automoció, es rebria primer la petició del OEM, fabricant, per a que cada possible proveïdor faci la seva oferta per a fer la peça i la proposta del preu; això seria com s'ha vist en el *master plan*, en quan s'ha congelat el disseny de la peça, vint-i-tres mesos abans del començament de fabricació del vehicle. Des d'aquest moment fins a la alliberació final de la peça, quan el 3D ja està finalitzat, hi ha una interacció bilineal entre l'enginyer de producte que desenvolupa la peça i l'emmotllador, amb l'objectiu de quan s'alliberi la peça, aquesta estigui preparada per a que es faci el motlle i començar a realitzar les proves, es revisen angles de despulla, espessors, i possibles geometries que facin malbé el motlle o complicacions en la construcció.

Després de la congelació del disseny, ve la alliberació de la peça, moment des del que el TIER 1 es posa a treballar en la construcció del motlle, que dura unes catorze setmanes contant el disseny. Amb aquestes primeres peces es faran les proves pertinents com s'ha esmentat abans per a passar la validació d'enginyeria i veure si es poden muntar.

9. Pressupost

En el pressupost del motlle es tenen en compte diferents aspectes del seu desenvolupament com són el seu disseny, la seva fabricació, la compra d'elements auxiliars, el seu muntatge i les posteriors proves i ajustos finals.

A continuació es presenta una taula resum del pressupost, i tot el seu desenvolupament amb les diferents parts es pot trobar a l'Annex 1.

Concepte	Cost (€)
Cost d'enginyeria	6464
Cost de fabricació i elements auxiliars	8330,57
Cost de muntatge i proves	2000
TOTAL	16794,57

Taula 9. Cost del motlle

Com es pot veure en la taula, el pressupost final queda dividit en el cost d'enginyeria que serien les despeses derivades del disseny del motlle, realització de plànols, memòria, etc. Després el cost de comprar totes les peces i fer les modificacions pertinents per a ajustar-ho al disseny que s'ha fet; finalment les proves finals per a deixar el motlle a punt pel seu funcionament.

El cost final del motlle seria inferior als 20.000€, complint l'objectiu que s'havia posat inicialment de dissenyar un motlle d'un cost baix ja que si s'haguessin fet totes les peces a mida el seu cost seria molt superior i no compliria els objectius.

10. Impacte ambiental

En aquest apartat del treball es tractaran els aspectes mediambientals en la utilització d'un motlle d'injecció de plàstic i la construcció d'aquest.

Etapas de recepció de matèries primeres i emmagatzematge

En aquesta etapa es produeixen bàsicament residus d'embalatge com ara paper, cartró, plàstic, palets, fusta en general, fleixos, etc. Se suposa que aquests materials estan nets i no bruts o contaminats d'olis, greixos, dissolvents, productes tòxics o peril·losos, pel que es consideren residus no peril·losos i són assimilables a domèstics o municipals. Una opció es separar i reutilitzar aquests residus en la mateixa indústria mitjançant contenidors apropiats i la seva entrega a empreses de valorització o reciclatge.

Propostes de millora:

- Utilització d'envasos o contenidors reciclables o que es puguin tornar.
- Reutilització i reenviament del material al proveïdor.

Emissions a l'atmosfera

Les operacions de producció, màquines, bombes, transport intern i sobre tot l'ús de les màquines d'injecció poden produir emissions de soroll i vibracions a l'ambient. Com a proposta de millora seria la utilització de maquinaria sensible als aspectes de contaminació acústica i per a les vibracions, utilitzar amortidors i silent blocks per evitar-les.

Consum d'aigua i abocaments d'aigües residuals

En la utilització de l'aigua com a refrigerant dels motlles no haurien de produir-se abocaments si es fan servir circuits tancats per a minimitzar el consum d'aigua, i controls periòdics d'aquests sistemes.

Etapas d'injecció de plàstic

En aquesta etapa es produeixen diversos residus com ara:

- Sacs buits o envasos de matèria primera o productes intermedis que no han contingut productes tòxics o peril·losos.
- Sacs buits o envasos buits de matèries primeres que sí han contingut productes tòxics o peril·losos.
- Restes de colades, producte no conforme o defectuós, etc.

- Draps, papers buits, absorbents, etc. de productes químics.

Les propostes de millora per aquesta etapa són:

- Reutilització dels envasos buits.
- Utilitzar envasos de més capacitat que permeten reduir el volum d'envasos generats o dipòsits fixos intermedis de producte.
- Moldre la resta de productes i el corresponent reciclatge i reutilització en altres peces. S'ha de planificar per a cada un dels productes reciclats a quins productes i en quines proporcions s'incorporaran, per evitar la generació de productes no conformes. En cas necessari, s'han de realitzar les proves de laboratori necessàries i aprofitar els productes.
- Per evitar la generació de residus de plàstic per producte no conforme o restes de producte: ajustar les màquines d'injecció amb precisió, d'acord amb els procediments, instruccions i pautes de treball existents. Fabricar la quantitat de peces exacta, sense excessos que no siguin assumibles pel client.
- Planificar i efectuar un manteniment preventiu adequat en màquines i instal·lacions per a evitar averies i interrupcions que sempre ocasionen productes rebutjats.
- Millorar el control i la capacitat dels processos productius. Implantació de controls de qualitat intermedis.

Etapa d'emmagatzematge

En aquesta fase, igual que en la de recepció, es produeixen bàsicament residus d'embalatges com ara paper, cartró, plàstic, palets, fusta en general, etc. Aquests materials no haurien de ser perillosos per al medi ambient. (Sitjes Cabanas, 2003)

Fabricació i reciclatge del motlle

Per a la fabricació del motlle es fa servir la tècnica del fresat, que comporta molt de material sobrant. Com és un material metàl·lic, els encenalls que se'n desprenen poden ser reciclats tot i que tenen encara un impacte sobre l'entorn. Un cop acabat de fer servir el motlle no es pot reutilitzar perquè donar-li un altra forma pot dur a errors, pel que s'opta pel reciclatge, la millor opció es fer servir angles de despulla grans per a que el desgast sigui menor i la vida del motlle sigui més llarga.

11. Conclusions

En aquest treball l'objectiu era el d'elaborar el disseny d'un motlle d'injecció de plàstic per a fabricar una maneta del seient d'un cotxe. S'han vist tots els requeriments tècnics que ha de tenir una peça de plàstic per a que surti del motlle sense cap mena de desperfecte posterior, la manera de calcular quantes cavitats són necessàries per a que el projecte sigui viable i tots els possibles defectes que poden aparèixer. Finalment s'ha triat un motlle de quatre cavitats per a fabricar 300000 unitats l'any.

Un cop dissenyada la peça, s'han vist els tipus de motlles existents actualment, les maneres d'injectar el polímer, les possibles extraccions, quines són les seves característiques i s'han triat els sistemes que eren més idonis per a les característiques del projecte. La opció de motlle triada és la més econòmica ja que la peça a fabricar no té uns requeriments tècnics molt alts ni el seu preu és excessiu. En el pressupost s'ha vist de manera detallada tots els costos que inclouen les hores d'enginyeria, de fabricació i d'ajustos, a més de la compra de tots els elements normalitzats per a un preu més ajustat. També s'ha vist quin impacte pot tenir el mètode de la injecció de plàstic en el medi ambient, tant la fabricació del motlle com la posterior utilització d'aquest, i possibles propostes de millora. Tot el procés de disseny i fabricació del motlle s'ha ajustat en un calendari d'activitats d'automoció per a poder veure quins són els límits de temps existents.

En resum, s'han complert els objectius de realitzar un disseny d'un motlle partint d'una peça d'automoció, s'ha estudiat en profunditat el mètode de la injecció de plàstic i s'han vist totes les seves característiques. De manera paral·lela s'ha pogut veure la posició de totes aquestes etapes en un *master plan* d'automoció i quines etapes hi ha abans i després del desenvolupament dels motlles.

12. Bibliografia

Águila, Manuel Caballero. 2010. [En línia] Juliol / 2010.

http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/16022011/85/es-an_2011021612_9123456/manual_deinyeccion.pdf.

BASF. BASF Espanya. [En línia] <https://www.basf.com>.

Blanco, Fernando. TEMA 11: MOLDEO POR INYECCION. [En línia]

<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.MOLDEO.POR.INYECCION.pdf>.

Casals, Lluís Roger. 2015. *Apunts assignatura Planificació del producte. Màster en enginyeria d'automoció.*

Flórez, Laura. 2014. Tecnología del plástico. [En línia] Octubre / 2014.

<http://www.plastico.com/temas/Como-solucionar-problemas-en-piezas-moldeadas-por-inyeccion+100321#prettyPhoto>.

García, Mariano. 2014. Tecnología de los plásticos. [En línia] Febrero / 2014.

TECNOLOGIADELOSPLASTICOS.BLOGSPOT.COM.

Garijo, Juan Antonio Castillo. 2007. Inyección de termoplásticos. [En línia] 7 / Juliol / 2007.

<http://www.mailxmail.com/curso-inyeccion-termoplasticos/molde-partes-basicas>.

Gastrow, Hans. 1992. *Moldes de inyección para plásticos, 100 casos prácticos.* s.l. : Hanser, 1992.

HASCO. Pàgina oficial HASCO. [En línia] <https://www.hasco.com>.

Industriales, Escuela de ingeniería de. 2007. Ciclo de inyección. [En línia] 2007.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html.

Jimenez, Pedro. 2010. Tecnología materiales. [En línia] 2010. [https://tecnologia-](https://tecnologia-materiales.wikispaces.com/Pol%C3%ADmeros+-+Tipos+de+pol%C3%ADmeros?responseToken=384dcb1d63396fa27d076556b7a9d7a9)

[materiales.wikispaces.com/Pol%C3%ADmeros+-+Tipos+de+pol%C3%ADmeros?responseToken=384dcb1d63396fa27d076556b7a9d7a9](https://tecnologia-materiales.wikispaces.com/Pol%C3%ADmeros+-+Tipos+de+pol%C3%ADmeros?responseToken=384dcb1d63396fa27d076556b7a9d7a9).

Márquez Sevillano, Juan de Juanes. Máquinas inyectoras Características del proceso. [En línia]

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/5/56/02Inyectora08.pdf>.

Menges, G. 1980. *Moldes para inyección de plásticos.* s.l. : GG, 1980.

MetalActual. 2013. Diseño de la refrigeración. [En línia] 2013.

http://www.metalactual.com/revista/27/procesos_moldes.pdf.

MILACRON. Pàgina oficial MILACRON. [En línia] <http://www.milacron.com>.

Osswald, Herausgegeben von Tim A., Turng, Lih-Sheng i Gramann, Paul. 2000. *Injection Molding Handbook 3th edition.* s.l. : Kluwer Academic Publishers, 2000.

Sitjes Cabanas, Miguel. 2003. Identificación, clasificación y minimización de residuos. [En línia] 01 / 03 / 2003. <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/6692-Identificacion-clasificacion-y-minimizacion-de-residuos.html>.

TERMCAT. Centre de Terminologia. [En línia] <http://www.termcat.cat>.

UNECE. Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. [En línia] <http://www.unece.org>.

YOUTUBE. 2011. CATIA V5 - Mold Tooling Creation (MTE). [En línia] 2011.
<https://www.youtube.com/watch?v=5Hj4wb-n8ec>.

—. **2015.** Injection molding, catia V5. [En línia] 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=b-epTiW6h0o>.

Zarzoso, Joaquín. Pàgina oficial Mateu Sole. [En línia] <http://www.mateusole.net>.

12.1. Imatges

Figura 1.

https://www.google.es/search?q=codo+ca%C3%B1eria&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi55b_gtd7MAhWJthoKHVykC6EQ_AUIBigB#imgsrc=KkNEvOwiaQ3q0M%3A

Figura 2.

<http://www.directindustry.es/prod/schwalb/product-16593-679771.html>

Figura 3.

<http://www.plastico.com/temas/Como-solucionar-problemas-en-piezas-moldeadas-por-inyeccion+100321>

Figura 4.

<http://blogs.km77.com/teletransporte/13865/volkswagen-touran-2016-detalles-del-interior-primera-y-segunda-fila-de-asientos-1de2/>

Figura 9.

<http://www.delta-mold.com/FTP/VOLKSWAGEN%20reference%20point%20system.pdf>

Figura 10.

<http://www.delta-mold.com/FTP/VOLKSWAGEN%20reference%20point%20system.pdf>

Figura 20.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/el_molde.html

Figura 21.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 22.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 23.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 24.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 25.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 26.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 27.

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/f/f6/04Alimentacion08.pdf>

Figura 28.

Menges, G. 1980. *Moldes para inyección de plásticos.* s.l. : GG, 1980.

Figura 29.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 30.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 31.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 32.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 33.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 34.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 35.

http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/panel_ciclo.html

Figura 36.

http://www.metalactual.com/revista/27/procesos_moldes.pdf

Figura 37.

<http://sevimec.es/wp-content/uploads/2015/08/mecanizado-en-sevilla-1038x519.jpg>

Figura 38.

http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/16022011/85/es-an_2011021612_9123456/manual_deinyeccion.pdf

Figura 39.

http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/16022011/85/es-an_2011021612_9123456/manual_deinyeccion.pdf

Figura 67.

<http://www.gilfer.com/documentos/molde%20pintado%20azul.jpg>

Figura 68.

Casals, Lluís Roger. Apunts assignatura Planificació del Producte, Màster en enginyeria d'automoció, 2015.